

Implementação de Células de Fabrico

Luís Belinha Reis

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Hermenegildo Pereira

Orientador na Empresa: Eng.^a Paula Silva



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2015-07-01

À minha mãe, ao meu pai e irmão

Resumo

No âmbito do projeto de dissertação do Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto foi proposto ao mestrando pela JPM Automação Industrial, como projeto curricular, o estudo e implementação interna de células de fabrico.

Atualmente a eficiência produtiva e a eliminação do desperdício são fatores competitivos na captação das oportunidades e na expansão do negócio num mercado global.

Nesta dissertação foi estabelecido o objetivo da criação de células de fabrico para otimizar a produção. Para isso recorreu-se à filosofia *Lean Manufacturing*, aplicando conceitos, metodologias e ferramentas na implementação das células de fabrico e na avaliação dos resultados obtidos.

Partindo dum diagnóstico da situação inicial com caracterização dos processos produtivos e dos constrangimentos operacionais foram definidas e propostas as soluções de melhoria para a implementação de três células de fabrico (perfil, tubo, chapa) bem como a sua operacionalização com a utilização de *kanbans* e quadros de gestão visual.

Na implementação das células de fabrico pretendeu-se conhecer a sua aplicabilidade, identificando as vantagens e desvantagens da sua utilização em substituição de outros métodos de produção e aplicar conceitos e métodos estudados, assim como as várias etapas por que passa a sua implementação.

Durante o projeto aplicaram-se os conceitos e as etapas da análise da cadeia de valor, identificando as vantagens da sua utilização nos processos produtivos e aprender a utilizá-los como ferramenta de melhoria. Foram ainda implementadas metodologias de gestão visual como é o caso dos *kanbans* quadros de gestão visual operacional.

Dos resultados obtidos, destacam-se as melhorias a nível do desempenho do processo produtivo verificadas com a implementação das células de fabrico, e as melhorias verificadas no campo da gestão visual.

Implementation of Work Cells

Abstract

Under the Master's dissertation project in Industrial Engineering and Management at Faculty of Engineering, University of Porto was proposed by JPM Industrial Automation to the master's student, as a course project, the study and the implementation of manufacturing cells.

Currently, the production efficiency and elimination of waste are both competitive factors in the uptake of the opportunities and business expansion in the global market.

In this thesis it was established the goal of creating manufacturing cells to optimize the production. Therefore, it was appealed the Lean Manufacturing philosophy in order to apply a large number of concepts, methodologies and tools in the implementation of manufacturing cells and results evaluation.

Taking into account the diagnosis of the initial situation, that approached the characterization of production processes and operational constraints, have been defined and proposed the implementation of three work cells (profile, tube, plate) as well as the implementation of kanbans and visual management frames.

In the implementation of work cells was intended to meet its applicability, identifying the advantages and disadvantages of their use in place of other production methods as well as the application of concepts and methods studied and the various stages of the implementation.

During the project was applied the concepts and analysis steps of the value chain, identifying the advantages of its use in production processes and learn how to use them as an improvement tool. There were also implemented visual management methodologies such as the kanban and operating visual management frames.

From the results, we can highlight the improvement in the performance of the production process verified with the implementation of manufacturing cells as well as the improvements in the field of visual management.

Agradecimentos

À Eng.^a Paula Silva orientadora na empresa JPM, por todo apoio ao longo do projeto e todo o conhecimento transmitido.

A todo o pessoal da JPM pela acessibilidade durante o projeto e pela excelente integração e acolhimento. Um agradecimento especial ao Eng.^o Daniel Oliveira, à Eng.^a Daniela Almeida, ao Carlos Lopes, Pedro Tavares e Natércia Santos.

Ao Prof. Hermenegildo Pereira, orientador na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, por todo o apoio e acompanhamento ao longo do projeto.

Agradecer a todos os meus amigos pelo apoio e suporte que me têm dado, não só durante a realização deste projeto, mas ao longo de toda esta caminhada.

E por fim, quero deixar um agradecimento especial aos meus pais e ao meu irmão pela paciência e confiança que têm em mim, e por terem sempre acreditado em mim independentemente de tudo. Agradecer ao resto da minha família pelo apoio sempre prestado.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da Empresa JPM-Indústria	1
1.2	Implementação de Células de Fabrico	2
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto	3
1.5	Estrutura da dissertação.....	3
2	Estado de Arte	4
2.1	Sistema de Produção Toyota.....	4
2.2	Princípios de Lean	5
2.3	Eliminação do Desperdício	6
2.4	Ferramentas e Técnicas <i>Lean</i>	8
2.4.1	VSM – Value Stream Map.....	8
2.4.2	Kanban	10
2.4.3	Células de Produção	11
2.4.4	Trabalho Padronizado	13
3	Caraterização da Situação Inicial	14
3.1	Apresentação da Empresa	14
3.1.1	Instalações JPM.....	14
3.1.2	Produtos JPM.....	15
3.2	Processo Produtivo da Empresa.....	15
3.2.1	Processo Produtivo do Perfil	16
3.2.2	Processo Produtivo Tubo/Varão.....	21
3.2.3	Processo Produtivo Chapa	25
4	Solução Proposta.....	30
4.1	Alteração do Layout da Fábrica	30
4.2	Implementação de Células de Fabrico	32
4.2.1	Célula de Fabrico de Perfil.....	32
4.2.2	Célula de Fabrico de Tubo.....	37
4.2.3	Célula de Corte de Chapa.....	41
4.3	Outras Implementações	44
4.3.1	Implementação de Kanban	44
4.3.2	Quadro de sequenciamento.....	46
4.3.3	Padronização do Trabalho	47
5	Conclusões.....	48
5.1	Resultados Obtidos.....	48
5.2	Trabalhos Futuros.....	50
	Referências.....	51
	ANEXO A: Simbologia VSM.....	53
	ANEXO B: Layout Fabrico da Situação Inicial.....	54
	ANEXO C: VSM Família B do Processo de Chapa	55
	ANEXO D: Propostas Novo Layout	56
	ANEXO D1: Proposta 1	57
	Anexo D2: Proposta 2	58
	ANEXO D3: Proposta 3.....	59
	ANEXO E: Novo Layout	60
	ANEXO F: Análise de Custos	61
	ANEXO F1: Orçamento.....	62

ANEXO F2: Análise de Custo de Mão-de-obra	63
ANEXO G: Instrução de Trabalho Célula de Perfil	64
ANEXO H: Instrução de Trabalho Célula de Tubo	65
ANEXO I: Fluxo de Material Provisória da Processo de Chapa.....	66
ANEXO I1: Fluxo de Material da Família A	67
ANEXO I2: Fluxo Material da Família B.....	68
ANEXO J: Quadros de Gestão Visual.....	69
ANEXO J1: Quadro de Planeamento de Equipas	70
ANEXO J2: Quadro de Sequenciamento das Montagens	71
ANEXO J3: Quadro de Sequenciamento da Maquinação	72
ANEXO J4: Quadro de Sequenciamento Célula de Perfil, Célula de Tubo e Soldadura	73
ANEXO J5: Quadro de Sequenciamento Armazém	74
ANEXO K: Quadro de Construção de Lote e Cartão Kanban	75

Índice de Figuras

Figura 1 – Organograma da Empresa	2
Figura 2 – “Casa da Toyota” (TPS)	5
Figura 3 – Fluxograma VSM.....	9
Figura 4 – Fluxo Processo Produtivo JPM.....	15
Figura 5 – VSM Processo Produtivo JPM	16
Figura 6 – Fluxo de material do Perfil	19
Figura 7 – Fluxo de Material Processo Produtivo do Tubo	23
Figura 8 – VSM Processo Produtivo Tubo	24
Figura 9 - Fluxo de Material dos Produtos da Família A.....	26
Figura 10 – Fluxo de Material dos Produtos da Família B	27
Figura 11 – VSM Processo Produtivo da Chapa Família A.....	28
Figura 12 – Novo Layout JPM	31
Figura 15 – Máquina de Cortar e Furar Perfil	33
Figura 13 - Armazenamento Perfil Antigo.....	33
Figura 14 - Armazenamento Perfil Atual.....	33
Figura 16 – Máquina de Furar, Cortar e Estampar Perfil.....	34
Figura 17 – Fluxo de Materiais Previsto Célula de Perfil	34
Figura 18 – Layout Célula de Fabrico de Perfil	35
Figura 20 - Armazenamento de Tubo/Varão Antigo	37
Figura 19 - Armazenamento de Tubo/Varão Atual	37
Figura 21 – Balanceamento dos Colaboradores da Célula de Tubo	38
Figura 22 – Fluxo de Materiais do Tubo.....	39
Figura 23 – Layout Célula de Fabrico do Tubo.....	40
Figura 24 - Balanceamento dos Colaboradores da Célula de Chapa	42
Figura 25 – Fluxo de Material da Chapa.....	43
Figura 26 – Árvore do Produto do Troço de 1 metro	45
Figura 27 – Quadro de Sequenciamento Quinagem	46

Índice de Tabelas

Tabela 1 - % de Produção das Famílias de Produtos JPM	15
Tabela 2 – Consumo de Perfil por Família JPM	17
Tabela 3 – Fluxo do Processo Operacional do Perfil.....	19
Tabela 4 - % de Consumo de Perfil por Família	20
Tabela 5 – Indicadores Processo Produtivo do Perfil	21
Tabela 6 – Consumos de Componentes de Tubo e Varão	22
Tabela 7 – Consumos de Componentes de Tubo e Varão Produzidos Internamente	22
Tabela 8 – Operações Realizadas pela Família A	22
Tabela 9 - Fluxo do Processo Produtivo do Perfil	23
Tabela 10 – Indicadores Processo Produtivo do Tubo.....	24
Tabela 11 - % de Consumo de Chapa por Família	25
Tabela 12 – Operações por Família	26
Tabela 13 - Fluxo do Processo Produtivo da Chapa	27
Tabela 14 – Indicadores Processo Produtivo da Chapa	29
Tabela 16 - Fluxo do Processo Produtivo do Perfil	35
Tabela 17 – Comparação entre Indicadores do Processo Proposto e Antigo	36
Tabela 18 – Divisão de trabalho na célula de Tubo	39
Tabela 19 – Fluxo do Processo do Tubo	40
Tabela 20 – Comparação de Indicadores do Processo Antigo e da Célula de Tubo	41
Tabela 21 - Divisão de trabalho na célula de chapa	42
Tabela 22 - Comparação de Indicadores do Processo Antigo e da Célula de Chapa	44

1 Introdução

1.1 Apresentação da Empresa JPM-Indústria

A empresa JPM foi fundada em 1996 e está situada em Vale de Cambra, tendo sido criada para prestação de serviços de eletricidade industrial por iniciativa de José Paulo Martins Silva.

Em 1999 a empresa passou a sociedade por quotas, com a integração de dois sócios, passando a ser denominada JPM Automação Industrial, Lda.

Após um crescimento acentuado deu-se em 2002 a primeira mudança de instalações. A área de negócio da metalomecânica e manutenção industrial foi introduzida na empresa em 2004.

Já em 2005 ocorreu uma segunda mudança de instalações, desta vez para pavilhão próprio. No ano seguinte, a empresa criou o departamento de investigação e desenvolvimento tecnológico, através do projeto JPM-NITEC, financiado pela Adl.

No ano de 2007 a empresa obteve a certificação do sistema de gestão da qualidade pela norma ISO 9001:2000, sendo também neste ano que passou a ter o estatuto de PME Líder. Em 2009 a empresa iniciou obras nas suas instalações e duplicou a área fabril disponível.

Atualmente a JPM é uma empresa especializada na conceção, fabrico e montagem de soluções de automação, centrando a sua atividade em quatro grandes áreas de negócio, sendo elas:

- Automação industrial – conceção, execução e montagem de projetos industriais envolvendo programação de autómatos, software de produção, engenharia de processos e eletricidade;
- Metalomecânica – conceção, produção e montagem de componentes mecânicos, especialmente transportadores e acessórios em aço inox para a indústria alimentar;
- Manutenção industrial – manutenção preventiva e curativa de equipamentos industriais;
- Energias renováveis – instalação de soluções de unidades de produção de energia solar fotovoltaica.

A Empresa está dividida em cinco departamentos:

- Comercial & Marketing
- Tecnologia, Desenvolvimento Tecnológico;
- Produção & Operações;
- Pessoas & Carreiras;
- Financeiro & Suporte.

A Gerência está envolvida na gestão de todos os departamentos.



Figura 1 – Organograma da Empresa

1.2 Implementação de Células de Fabrico

A JPM encontra-se atualmente a realizar alterações profundas no seu sistema produtivo, implementando metodologias *Lean* e revendo o processo e equipamentos utilizados.

Neste âmbito, surge, portanto, a necessidade de rever os processos produtivos realizados nas diferentes secções de fabrico.

Para além disso, a JPM adquiriu uma máquina de corte laser, que permitirá à Empresa iniciar a produção de peças com tecnologia laser e aplicá-la no corte de todos os componentes de produção necessários à sua atividade. Sendo assim, urge otimizar o processo, de forma que se torne o mais flexível, rápido e eficiente possível.

1.3 Objetivos do projeto

O projeto focalizou-se na definição de propostas para a implementação de células de fabrico.

Além do objetivo principal é expectável que se apliquem conceitos e métodos do *lean manufacturing* em todas as secções de fabrico, adequando os conhecimentos académicos à realidade da indústria na caracterização das situações produtivas e na organização industrial, aumentando a eficiência dos processos e eliminando perdas, eliminando ou reduzindo atividades que não agregam valor às operações e melhorando continuamente os resultados.

Durante o projeto assumimos aplicar os conceitos e aprender as etapas da análise da cadeia de valor, identificando as vantagens da sua utilização nas organizações e utilizá-los como ferramenta de melhoria. Com a implementação das células de fabrico procuramos conhecer a aplicabilidade das células, identificar as vantagens e desvantagens da sua utilização em substituição de outros métodos de produção e aplicar conceitos e métodos estudados, assim como as várias etapas por que passa a sua implementação.

1.4 Método seguido no projeto

O projeto aplicou metodologia *lean manufacturing* e teve as seguintes etapas:

- **Diagnóstico da situação inicial:** A primeira fase do projeto foi dedicada ao conhecimento da Empresa, com a realização de um levantamento acerca da mesma, cujo objetivo foi compreender o fluxo de materiais e informação da empresa necessários para acompanhar do produto até ao seu destinatário.
- **Estudo e implementação de células de fabrico:** Após a caracterização da Empresa, realizou-se o estudo e implementação de células de fabrico. Nesta fase analisaram-se as várias etapas do processo de fabrico que ocorrem de forma sequencial para desenhar um fluxo contínuo dos produtos. Com a implementação pretendeu-se diminuir o lead time (tempo de atravessamento) e distância percorrida e aumentar os índices de qualidade e a produtividade.
- **Padronização do Trabalho:** Depois de implementadas as células de fabrico definiu-se a padronização das tarefas nos processos alvo. A normalização das tarefas estabeleceu as condições para que qualquer operador possa operar nestas células, realizando as tarefas dos processos com fiabilidade e eficiência, através da consulta destes documentos de padronização.

1.5 Estrutura da dissertação

De seguida serão apresentados os assuntos abordados neste projeto, assim como a sua estruturação neste relatório.

No presente capítulo, realizou-se a apresentação da Empresa na qual decorreu o projeto, assim como a apresentação do mesmo, os objetivos e a metodologia seguida.

No segundo capítulo é apresentado um enquadramento teórico subordinado aos temas relevantes para o projeto.

No terceiro capítulo é reportada a situação inicial da empresa, basicamente foi-lhe tirada “uma fotografia”, para registar a *baseline* do início do projeto.

No quarto capítulo são descritas as soluções propostas, a sua implementação e os resultados alcançados e expetáveis.

No quinto e último capítulo são expostas as principais conclusões e sugeridos trabalhos futuros.

2 Estado de Arte

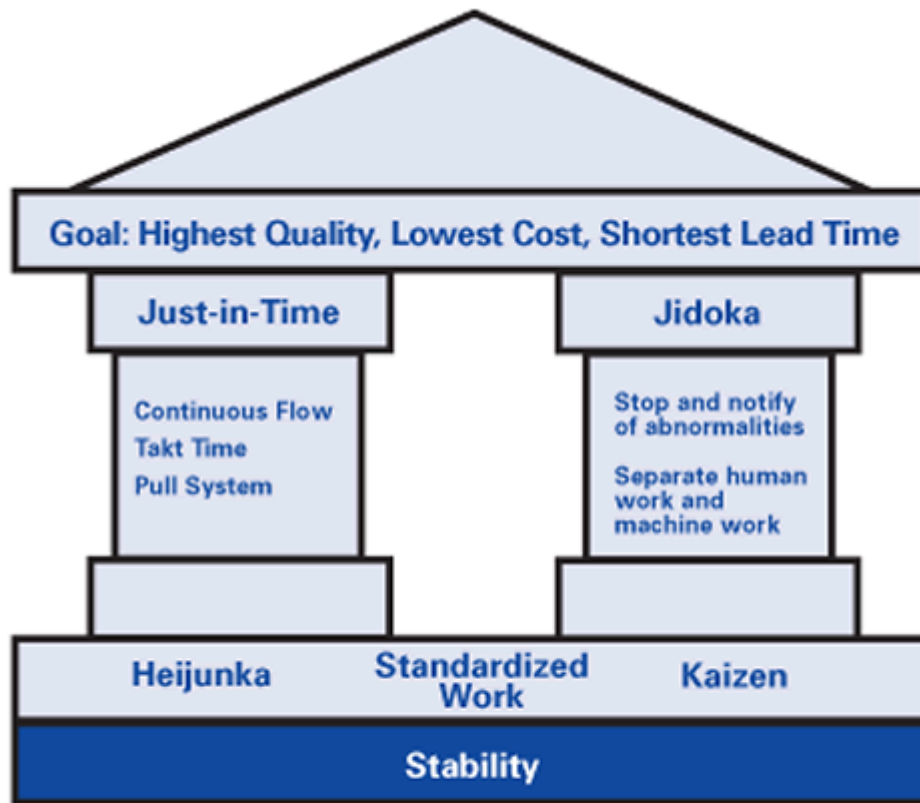
2.1 Sistema de Produção Toyota

O Sistema de Produção Toyota

Em 1950 o Japão tinha as suas fábricas totalmente destruídas devido a derrota na segunda guerra mundial. O presidente da Toyota na altura, Eiji Toyoda, e o engenheiro Taiichi Ohno estiveram durante três meses no complexo da Ford nos Estados Unidos a estudar a metodologia de produção da Ford de forma a entender o porquê de a produtividade dos operários americanos ser 10 vezes superior à dos orientais (Ohno 1997). Tal diferença de produtividade só poderia ser explicada pelos desperdícios ocorridos durante o processo produtivo. A partir daí, o que se viu foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação do desperdício (Ghinato 2000). O objetivo principal era reorganizar a fábrica japonesa e torná-la numa grande montadora de veículos.

Taiichi Ohno criou um sistema de produção cujo principal objectivo era a eliminação constante de desperdício, qualquer que fosse a sua forma, o Toyota Production System (TPS) (Monden 1984). O Lean Manufacturing é uma evolução do Toyota Production System aplicado a qualquer tipo de indústria.

Na Figura 2 pode-se ver a estrutura do TPS, também apelidada de “Casa Toyota”(Pinto 2009). Na sua base está presente a filosofia Toyota, que se rege por valores simples e consistentes: a padronização do trabalho, a melhoria contínua e o nivelamento da produção. Tal como acontece na construção de uma casa alicerces fortes e um local estável são essenciais. No entanto, uma boa casa não pode ser feita apenas de fundações fortes, sendo também preciso uma estrutura com qualidade idêntica, com pilares fortes e fiáveis de forma a permitir uma boa sustentação ao resto da casa. No que diz respeito à casa Toyota os responsáveis pela fundações fortes e estáveis são o Heijunka (nivelamento de produção), a padronização do trabalho e por último, Kaizen (ou em português, melhoria contínua). Contudo, tudo isto necessita de estabilidade para que sejam evitados abalos em toda a casa, sendo assim mais fácil o alcance de todos os objetivos definidos.



Toyota Production System "House."

Figura 2 – “Casa da Toyota” (TPS)

2.2 Princípios de Lean

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão que se baseia em cinco princípios fundamentais: valor, cadeia de valor, otimização do fluxo, sistema *Pull Flow* e na melhoria contínua (Shingo 1981).

- **Valor**

O princípio *valor* pode ser visto de duas maneiras diferentes, mas que estão inteiramente relacionadas: o ponto de vista do cliente que diz respeito às características produto/serviço que satisfazem as suas necessidades e expectativas, e o lado dos gerentes e acionistas, que depende do aumento do valor da empresa de forma a torna-la sólida e a permitir futuros investimentos e financiamentos, isto só é possível a partir do lucro obtido pela venda dos produtos/serviços da empresa (Goldsby & Martichenko, 2005).

- **Cadeia de Valor**

O princípio *cadeia de valor* centra-se essencialmente em separar os processos em três tipos: os que são realmente importantes, ou seja, que criam valor para o produto, aqueles que não gerando valor são importantes para o bom funcionamento dos processos e garantem a qualidade e, por últimos, os que não acrescentam valor, e que sendo assim devem ser eliminados.

Identificar e mapear com precisão o fluxo de valor completo do produto é essencial para reconhecer os desperdícios em cada processo e adotar planos de ações para os eliminar, gerando um novo fluxo de valor otimizado (Rother e Shook, 1998).

- **Otimização do Fluxo**

O princípio *otimização do fluxo* baseia-se no processamento o mais fluído possível dos materiais. Os fluxos devem conter apenas as operações que criam valor ao produto e eliminar o máximo possível o desperdício. Um dos casos de fluxo otimizado seria a produção a *one-piece-flow*, neste processo não existe paragens ou tempo de esperas entre cada atividade, não há *stock* de produto intermédio e o tempo de entrega ao cliente é mínimo (Womack & Jones, 2004).

- **Sistema Pull Flow**

O princípio *sistema pull flow* tem como regra produzir apenas o que é necessário, sendo que o que dá a ordem das necessidades de produção é a procura real do produto. Por outras palavras, as vendas de um produto representam um pedido de produção desse produto. Este sistema permite o abandono do tradicional sistema de planeamento *push flow*, tendo as seguintes vantagens (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2009):

- > Redução da dependência de inventários;
- > Diminuição dos lotes de produção – aumento do controlo e redução do stock em curso e acabado;
- > Otimização da cadeia de valor;
- > Redução dos Lead Times;
- > Fluxos de produção e de informação mais contínuos.

- **Melhoria Contínua**

Também conhecida pelo termo japonês *kaizen*, é uma melhoria periódica, que tem como objetivo eliminar todos os tipos de desperdícios. Como já vimos anteriormente, esta é uma das metodologias base do sistema Toyota, que permite que este esteja em constante processo de melhorias e que atinja a cada dia que passa melhores resultados. Podemos referir como vantagens desta ferramenta o fato de as melhorias serem implementadas de maneira suave e frequente. Isso faz com que o colaborador se sinta envolvido no processo de melhoria e que sinta ele também necessidade de melhorar a sua atividade eliminando as perdas dessa atividade. Devido à frequência com que estas melhorias acontecem, o custo de tais implementações é na grande parte dos casos reduzido.

2.3 Eliminação do Desperdício

Na filosofia *Lean* o desperdício é considerado com um dos pontos essenciais. Portanto, a sua redução é considerada como uma das prioridades. Desta forma, a cultura *Lean*, considera como desperdício da produção todas aquelas atividades que não geram valor ao produto final. Ohno (1988) um dos grandes obreiros do TPS define sete tipos de perdas, os quais na sua língua são denominados por *muda*. De acordo com este engenheiro tais perdas são responsáveis até 95% do total dos custos em empresas que não pratiquem a cultura *Lean*. As 7 mudas definidas por Ohno são as seguintes:

- **Produção em Excesso**

Dos sete tipos de desperdício definidos pelo engenheiro da Toyota, este é considerado o de maior impacto por esconder os outros sendo também o mais difícil de eliminar.

O desperdício de produção em excesso significa produzir, por antecipação, mais do que aquilo que são as necessidades da empresa, provocando um aumento do stock intermédio com as peças espalhadas pela fábrica aguardando pelo início da etapa seguinte.

- **Inventário em Excesso**

Esta perda é causada pela produção de produto acabado ou em curso de uma forma excessiva. A eliminação deste desperdício põe a nu outros tipos de perdas que estavam camufladas pela existência de *stock* em excesso. Embora a redução de *stock* tenha inconvenientes, tais como o aumento do risco de rutura ou da quebra de utilização da máquina, esta é considerada vantajosa por reduzir os custos inerentes à dimensão dos stocks e facilitar a identificação dos outros tipos de desperdício.

- **Tempo de Espera**

São considerados três tipos de espera:

> quando existe falta de matéria-prima e a totalidade do lote é retido aguardando que se inicie a produção;

> quando as peças prontas de um lote aguardam a conclusão das restantes para serem transformadas na etapa seguinte;

> quando um operador assiste ao processamento sem desempenhar qualquer tarefa.

- **Transporte**

Nas instalações industriais o transporte é considerado como uma atividade que não acrescenta valor ao produto, sendo assim ele passa a ser interpretado como um desperdício que deve ser minimizado ao máximo ou se possível eliminado. As melhorias mais significantes na eliminação de desperdício são as relativas à atividade de transporte, obtidas através de modificações de *layout* que reduzam ou eliminem o transporte do produto (Ghinato 2000).

- **Deslocação**

Na mesma linha de raciocínio da muda anterior este desperdício prende-se com a movimentação de pessoas, máquinas ou colaboradores que não acrescentam valor ao produto e que sendo assim devem ser eliminadas.

- **Reprocessamento**

O desperdício devido à produção de produtos em não conformidade é o resultado do fabrico de produtos com características de qualidade fora do especificado. A produção deste tipo de produtos significa perdas ao nível de materiais, mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos e inspeção de produtos. A forma de resolver este desperdício, está relacionada com metodologias de controlo de qualidade na fonte.

- **Sobre processamento**

Esta perda prende-se com a expectativa que o cliente tem sobre o produto e acontece sempre que este é processado de uma forma que não acrescenta valor para o cliente. O que importa perceber neste tipo de desperdício é se o cliente está disposto a pagar tudo o que está a ser fornecido. As atividades e processos que não acrescentem valor ao produto têm que ser revistas em todas as fases que o produto percorre, desde o desenvolvimento até à comercialização.

Drew et al (2004) consideram que este desperdício é a manifestação de duas ineficiências: a variabilidade, relacionada com a perda de não qualidade e; a inflexibilidade inerente à falta de capacidade de uma empresa em responder, sem aumento de custos, a uma alteração das especificações do consumidor.

O TPS definiu e implementou os conceitos 3M'S para reduzir custos, sem descuidar a melhoria contínua e o desempenho da qualidade, sendo eles:

- **Muda** – Desperdício

Caracterizado em sete tipos e que representa sempre gasto de recursos sem criação de valor para o cliente e sociedade

- **Muri** – Excesso ou insuficiência

Este desperdício pode ser eliminado com a estabilização dos processos e consolidado com a estratégia pull respondendo apenas à procura real e no tempo em que é pedido, sistema de gestão em que é o cliente que puxa os produtos ou serviços.

- **Mura** - Variabilidade

Esta perda pode ser eliminada através do trabalho padronizado, desta forma todos os colaboradores seguem os mesmos procedimentos, o torna os processos mais previsíveis e controláveis.

2.4 Ferramentas e Técnicas *Lean*

Apresentam-se as ferramentas e técnicas *Lean* que serviram de auxílio ao longo do projeto, sempre tendo em atenção os alvos em cima mencionados, sendo o que mais se pretendeu atacar o *Muda*.

2.4.1 VSM – Value Stream Map

O VSM ou, em português, Mapeamento do Fluxo de Valor é uma das ferramentas essenciais do *Lean*, proposta por Rother e Shook (1998), que tiveram como base uma técnica de modelagem originária da metodologia Análise da Linha de Valor. É uma ferramenta de diagnóstico que se baseia no desenho de um diagrama que represente todas as operações envolvidas no fluxo de materiais e informação necessárias à produção de um artigo, durante a sua cadeia de valor.

O grande objetivo da construção deste diagrama é ter uma visão geral da cadeia de valor do artigo, perceber quais são as operações que geram valor, quais são as razões de desperdício de cada atividade, e depois disso estar apto a desenvolver ações de melhoria. Esta ferramenta está dividida em quadro passos fundamentais (Rother & Shook, 2003) como se pode verificar na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

O primeiro diagrama VSM ou, o diagrama que representa a situação inicial é desenhado com informações recolhidas no chão de fábrica (*Gemba*), e tem como objetivo caracterizar o processo produtivo da família do produto em questão, e sendo assim poder detetar possíveis desperdícios que decorrem ao longo do processo dessa família.

O segundo diagrama VSM ou, o diagrama que representa a situação desejada é desenhado tendo em conta as ações de melhoria que se pretende implementar. Este diagrama já não deverá ter aquelas atividades que foram identificadas como atividades que não acrescentam valor ao processo.

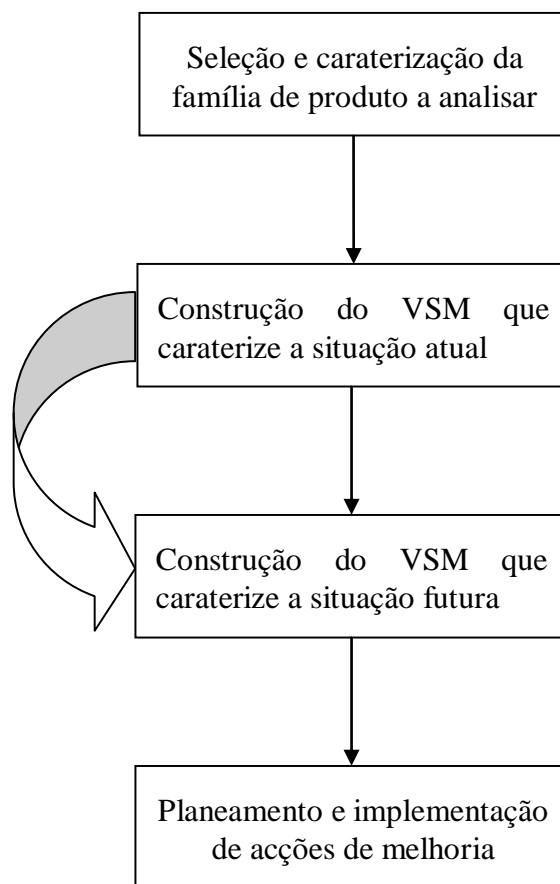


Figura 3 – Fluxograma VSM

Rother e Shook (1998) classificam o VSM como uma ferramenta importantíssima, pois ajuda na visualização do fluxo, em detrimento da análise dos processos individuais e ajuda ainda na identificação das perdas. O VSM permite:

- Identificar as fontes de desperdício;
- Definir uma linguagem comum para caracterizar os processos;
- Tornar decisões sobre fluxos visíveis, de modo que se possa discuti-las;
- Englobar conceitos e técnicas Lean, que ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladas;
- Formar a base para um plano de implementação;
- Mostrar a relação entre fluxo de informação e o fluxo de material.

A análise desta ferramenta deverá ser feita de trás para a frente, isto é, do consumidor para o fornecedor, para que se elimine as influências pessoais no processo, protegendo a análise do fluxo em favor da produção.

Esta é uma ferramenta muito valiosa, quando aplicada de forma cíclica como está descrito na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, permite uma melhoria contínua da cadeia de valor, reduzindo o tempo de entrega ao cliente (*Lead Time*) e possibilitando a eliminação constante dos vários tipos de desperdício. Os símbolos utilizados na construção de um VSM encontram-se no anexo A.

2.4.2 Kanban

Kanban é uma ferramenta de gestão visual que em japonês significa cartão ou sinal, tendo origem no sistema *pull flow*. Esta técnica possibilita controlar a produção e o transporte de materiais entre diferentes secções de trabalho, tendo como regra que nenhum centro de trabalho pode produzir sem que o posto de trabalho a anterior dê ordem. A autorização é dada através de um cartão ou qualquer outro tipo de sinal (caixas, espaços vazios, etc....) (Moura, 1989).

O objetivo do *kanban* é a minimização de *stock*, para isso é estabelecida uma produção em pequenos lotes, sendo que cada lote é armazenado em recipientes que contêm o mesmo número de peças. A cada recipiente será atribuído um cartão ou outro tipo de sinal. De acordo com Moura, 1989, este sistema rege-se por cinco regras:

- 1º - A operação a jusante retira à operação a montante os componentes que necessita, nas quantidades pretendidas e no tempo necessário, sendo estes acompanhados pelo seu *kanban*.
- 2º - O processo precedente deve fazer os seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente, sem nunca ultrapassar o número de *kanbans* existentes;
- 3º Uma vez detetados defeitos, estes não devem ser enviados para os processos seguintes. Desta forma, sempre que se deteta um defeito, é necessária a resolução da causa do defeito, para que este não obrigue a uma paragem na produção;
- 4º - O *kanban* pode servir para se detetar flutuações na procura. Se se verificar flutuações na procura que não consigam ser respondidas pelo sistema, estas são facilmente detetadas pela acumulação ou falta de *kanbans* nas linhas produtivas, sendo um indicador relevante, para o redimensionamento do sistema *kanban*;
- 5º - O número de *kanbans* deve sempre ser o menor possível. Isto deve-se ao fato de o cálculo número de *kanbans* depender do *lead time* da empresa, sendo assim dó se verifica uma melhoria na atividade operacional da empresa de conseguir reduzir o número de *kanbans* e consequente redução da quantidade de produtos em *stock*.

Concluindo, para além de ser uma ferramenta que facilita a gestão de *stock*, o *kanban* também permite detetar falha e ineficiências na produção, diminuir tempos de espera, interligar a atividade operacional e fluxos de material. Contudo, esta é uma ferramenta que precisa de uma revisão constante uma vez que não contém informação futura.

2.4.3 Células de Produção

Uma célula de produção é um grupo de pessoas, máquinas e métodos em que as etapas do processo produtivo estão próximas e ocorrem de forma sequencial, através da qual os componentes são processados num fluxo contínuo, esta forma de trabalho está dedicada à produção de um produto ou família de produtos. Esta produção é feita de uma forma flexível, em que prevalece o trabalho peça-a-peça – *one-piece-flow*, num fluxo contínuo.

Os colaboradores de uma célula devem ter múltiplos conhecimentos e capacidade de desempenhar várias funções dentro da célula, normalmente operam em vários postos de trabalho.

De acordo com Pinto (2006) a implementação de uma célula de produção segue as seguintes etapas:

- Identificar famílias de produtos com fluxos de produção e características similares;
- Agrupar máquinas em células e de acordo com as famílias de produtos;
- Criar e dispor as células de forma a minimizar o movimento e transporte de materiais;

- Localizar as máquinas partilhadas em pontos centrais de forma a servir as várias células e minimizar transportes e stocks.

Um dos aspectos mais importantes para o bom funcionamento de uma célula é o seu *layout*. Tanto o movimento dos operadores como o fluxo de materiais vai depender da disposição dos componentes da célula (máquinas, bancadas de apoio, tapetes transportadores, etc.). O processo deve ser organizado para que o operador possa produzir da forma mais eficiente possível, em que a área ocupada, as movimentações e o stock devem estar otimizados. Existem várias formas de o fazer, Rother et al. (2002) indica o seguinte conjunto de recomendações para a definição do *layout* de uma célula de produção:

- Colocar máquinas e bancadas bem próximas para minimizar a distância percorrida;
- Remover obstáculos do caminho do operador;
- Tentar manter uma largura dentro da célula de 1,5 metros para permitir maior flexibilidade do posicionamento dos operadores dentro da célula;
- Eliminar espaços e locais onde possam ser criados stocks entre processos;
- Usar a força gravidade para ajudar os operadores na colocação e movimentação de peças, sempre que possível;
- Montar instalações eléctricas, ar comprimido, entre outras no tecto ou suspensas para facilitar futuras mudanças de *layout*;
- Colocar ferramentas e utensílios tão próximos quanto possível do ponto de uso e na direcção que são usadas pelos operadores;
- Utilizar ferramentas que não necessitam de afinações ou trocas de acessórios;
- Garantir a segurança e ergonomia da célula;
- Manter as etapas de trabalho manual próximas umas das outras de forma a permitir flexibilidade da distribuição das tarefas e acrescentar valor ao trabalho do operador;
- Utilizar equipamentos pequenos e dedicados a tarefas únicas, ao invés de equipamentos grandes e com muitas tarefas;
- Implementar dispositivos de ejeção automática, sempre que os operadores precisem das duas mãos para manipular as peças;
- Evitar a produção por lotes, dar preferência ao trabalho peça-a-peça;
- Colocar sensores de alerta de anomalias e até paragem automática nas máquinas, para que o operador não tenha que se preocupar com a máquina durante o ciclo;
- Projectar máquinas e *layouts* com fácil acesso à manutenção;
- Criar dispositivos rápidos de mudança de ferramentas.

O bom funcionamento de uma célula depende da ligação existente entre o movimento dos operadores e o fluxo de materiais. O fluxo de materiais deve estar previamente estabelecido como padrão, uma vez que o processo deve ser repetitivo e consistente dentro de cada ciclo. Não existe apenas uma maneira correcta para o fluxo de materiais, segundo Rother et al. (2002) uma boa forma de o fazer é:

- Posicionar as peças o mais próximo possível do local de uso, mas sem obstruir a passagem de operadores ou outros;
- Posicionar as peças para que o operador possa utilizar as duas mãos;

- Tentar manter as várias peças sempre próximas dos dedos dos operadores para eliminar os tempos de troca;
- Utilizar sistemas anti-erro para prevenir trocas de peças muito parecidas na montagem;
- Não colocar os operadores da célula a abastecer as suas próprias peças;
- Não colocar stock adicional de peças na célula, pois torna o fluxo mais difícil de entender e leva os operadores a quebrarem o fluxo;
- Utilizar o *kanban* para regular o abastecimento e produção;
- Os contentores ou caixas devem ter apenas as quantidades necessárias ao operador ou um múltiplo de embalagem do produto acabado;
- Criar formas de abastecimento que não interrompam o trabalho do operador.

Existem vários motivos que levam as empresas a substituir a produção por processos por células de produção sempre que possível. De acordo com Pinto (2006) as vantagens por elas introduzidas trazem grandes benefícios para a produção como:

- Flexibilidade;
- Possibilidade de ajuste a vários volumes de produção;
- Simplicidade de gestão;
- Redução de espaço comparado com o *layout* funcional;
- Redução tempos não-produtivos;
- Menores erros de qualidade;
- Menores quantidades de *stocks*;
- Autonomia, as células são unidades autónomas de trabalho.

Embora tenha inúmeras vantagens, também tem algumas desvantagens em comparação com outros tipos de produção, como: a dificuldade na formação de famílias e na criação das respectivas células, bem como a produção de novos produtos que não se enquadrem como nenhuma das famílias já existentes.

Implementadas as células de fabrico é expectável a partilha permanente da meta de produção do dia, hora a hora, e que a cada peça em produção se movimente diretamente de um processo para o seguinte sempre com acréscimo de valor para outro que também acrescenta valor, com deteção rápida de problemas e/ou defeitos e que o operador possa realizar as tarefas previstas e normalizadas eficientemente.

2.4.4 Trabalho Padronizado

A realização do trabalho padronizado ou normalizado deve ter em consideração os seguintes parâmetros: segurança, qualidade, manutenção e padrões de trabalho.

Este método tem como base os movimentos e trabalho de operador sendo aplicada em operações repetitivas, respeitando a ordem das operações feitas pelo colaborador, com o objetivo de reduzir o desperdício, sendo uma referência para a filosofia de melhoria contínua.

A criação do trabalho padronizado não quer dizer que só existe essa maneira seja a única forma correta de executar o trabalho. O trabalhador deverá fornecer sugestões sempre que ache que há uma possibilidade de melhorar a processo.

Com a padronização as melhorias tornam-se consistentes, os resultados previsíveis, os ganhos sustentados e as melhorias deixam de ser repetitivas.

3 Caracterização da Situação Inicial

No início do projeto era crucial perceber o modo de atuar da Empresa e conhecer a sua atividade operacional. Neste capítulo é explicado todo o processo desde a entrada de material em armazém até à saída deste para o cliente. Posteriormente, retratar-se-á com maior especificidade as secções onde se pretende implementar as células de fabrico (perfil, tubo e chapa).

3.1 Apresentação da Empresa

3.1.1 Instalações JPM

A JPM está atualmente instalada em três pavilhões, uma na área industrial da Farrapa e duas no parque industrial do Rossio. Este projeto decorreu no pavilhão da produção do Rossio que está destinado à produção. O pavilhão está dividido em quatro naves, cada uma das quais está dividida em secções que por sua vez podem estar divididas em subsecções como se pode ver no layout inicial da empresa (anexo B). A estrutura do pavilhão está repartida da seguinte forma:

- Nave 1:
 - Zona de Manutenção;
- Nave 2:
 - Zona de Fabrico;
 - Secção de Corte (F01);
 - Secção de Quinagem (F02);
 - Secção de Maquinagem (F03);
 - Secção de Soldadura (F04);
 - Secção da Rebarbagem (F05);
- Nave 3:
 - Zona de Montagens;
 - Zona de Automação;
- Nave 4:
 - Zona de Montagens Especiais;
 - Zona de Lavação.

O armazém é transversal às naves e coincide com a nave 2, 3 e 4.

3.1.2 Produtos JPM

Relativamente aos produtos, a JPM apresenta uma linha de produto *standard* e produz também produto não *standard*, denominados internamente por especiais. Existem três famílias de produto *standard* que são a 023, 024 e 021. No ano de 2014 foram produzidos 5200 equipamentos, dos quais 3009 foram da família 023 (58%), 991 da família 021 (19%) e 451 da família 024 (8%). Estas três famílias de produtos em conjunto representam 85% da produção da Empresa. Recorrendo a tipologia utilizada na análise ABC, conclui-se que os produtos citados são do tipo A (023 e 021) e do tipo B (024).

Tabela 1 - % de Produção das Famílias de Produtos JPM

Família	% da Produção
Família 023	58%
Família 021	19%
Família 024	8%
Outros Produtos	15%

3.2 Processo Produtivo da Empresa

O processo produtivo da JPM incorpora todas as operações desde a receção de materiais até a expedição do produto para o cliente. Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** encontra-se descrito o processo da JPM.

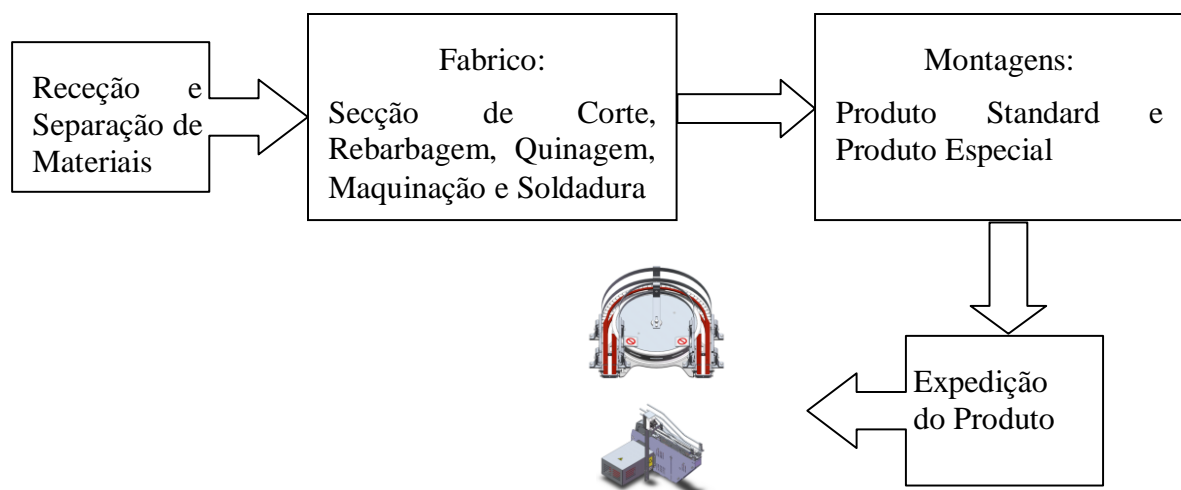


Figura 4 – Fluxo Processo Produtivo JPM

Na Figura 5 apresenta-se o VSM que permite compreender melhor o fluxo de produção da JPM.

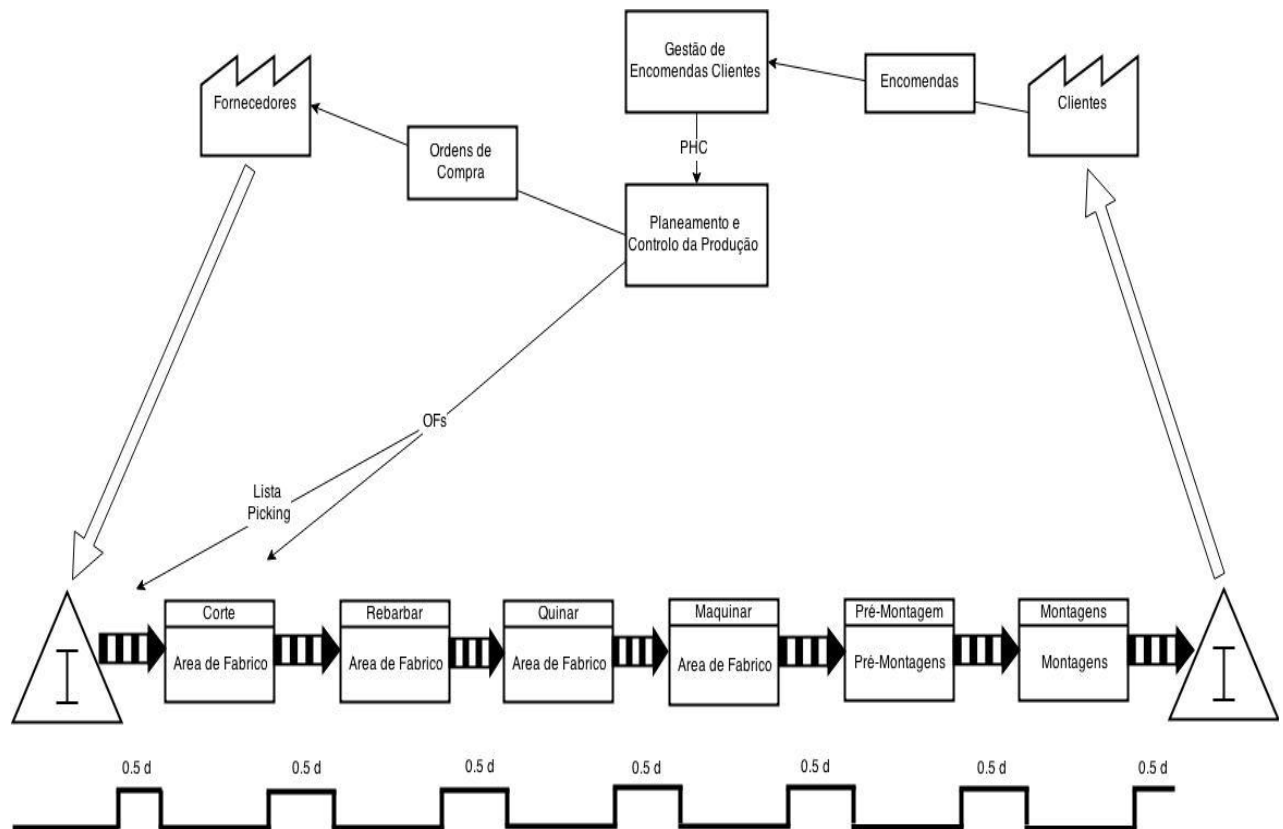


Figura 5 – VSM Processo Produtivo JPM

Da análise do VSM do processo produtivo destacam-se os seguintes constrangimentos:

- Elevado tempo de espera nas secções;
- Elevado número de deslocações;
- Elevado número de stock intermédio;

Como mencionado anteriormente, a JPM acabou de realizar a compra de uma máquina laser para corte de chapa. Surge, então, a necessidade de criar mais uma zona na secção para o corte da mesma, visto que, com a aquisição desta, a empresa terá agora capacidade para realizar tal operação em todos os componentes necessários na produção. Portanto, surge a possibilidade de criação de uma fábrica de corte que efetuará a operação descrita nos seguintes materiais:

- Chapa;
- Perfil;
- Tubo/Varão.

Na secção seguinte analisam-se os fluxos e o desempenho dos processos dos materiais enumerados acima, para analisar a implementação de células de fabrico nestes dentro da nova fábrica de corte.

3.2.1 Processo Produtivo do Perfil

O fabrico do perfil é um dos processos com maior ineficiência na produção: contempla as seguintes operações:

- Cortar;
- Estampar;

- Furar;

O perfil é usado em todos os equipamentos JPM, sendo que cada família de equipamentos utiliza um diferente. Como é expectável os perfis mais utilizados são os das famílias com maior produção. A tabela a seguir mostra o consumo do mesmo.

Tabela 2 – Consumo de Perfil por Família JPM

Família	Consumo de perfil	% Consumo Total
023	16652	61%
024	5541	20%
021	1592	6%
Outros	3409	13%

Na Tabela 2 verifica-se que duas famílias de perfis (023 e 024) são responsáveis por 81% do consumo de perfil da JPM. Recorrendo à tipologia da análise ABC podemos considerar estas famílias como sendo do tipo A. Sendo assim, a análise do fluxo de produção deste terá maior incidência sobre estas duas famílias.

Neste momento na JPM, nem todas as referências de perfil são cortadas, furadas ou estampadas com o mesmo processo, nem no mesmo local. Dependendo do comprimento do perfil, este pode ser cortado na bancada ou então na máquina manual de corte. No que diz respeito à furação, o perfil pode ser furado na bancada ou nas furadoras. Por último, relativamente ao processo de estampagem, este é sempre realizado recorrendo à prensa.

Na análise detalhada de cada operação percecionamos as ineficiências existentes que a seguir elencamos por processo.

Processo Corte de Perfil

Ineficiências detetadas:

- O perfil tanto é cortado nas bancadas de montagens, como na máquina manual de cortar perfil;
- Quando o perfil é cortado nas bancadas é um processo pouco eficiente, uma vez que o operador tem que fazer um primeiro corte e depois montar o perfil para fazer o acerto;
- A matriz da máquina precisa de ser trocada dependendo do tipo de perfil que se vai cortar;
- Quando os rolos de perfil não são totalmente utilizados é necessário fazer mais uma deslocação até ao armazém para deixar os que sobraram;
- O comprimento máximo de corte na máquina é de dois metros;
- A marcação do comprimento de corte é feita por um batente que tem que ser retirado sempre que se efetua um corte, para o perfil deslizar sobre a calha. Para distâncias maiores o batente está mais distante do local de corte o que torna mais difícil esse processo.

Processo de Furar Perfil

A operação de furação, da mesma forma que o corte, também pode ser feita nas bancadas das montagens recorrendo a uma ferramenta desenvolvida por um colaborador da JPM, ou então recorrendo às furadoras. Neste processo também podemos detetar algumas ineficiências, tais como:

- Não há um procedimento *standard* para furar o perfil, este tanto pode ser feito nas bancadas como recorrendo a uma furadora de coluna vertical;

Relativamente ao processo nas furadoras de coluna vertical verificaram-se os seguintes aspetos a melhorar:

- o colaborador tem que se deslocar até à furadora para efetuar esta operação;
- esta máquina requer algum tempo de *setup*;

Quanto ao processo de furar o perfil nas bancadas de montagens observaram-se as ineficiências listadas a seguir:

- como o perfil não é transparente têm que realizar o furo com o auxílio de uma lanterna. O colaborador tem que segurar na lanterna, na peça e efetuar o furo com a broca.
- Como o perfil não é transparente, o operador perde algum tempo à procura do furo.

Processo de Estampagem

A operação de estampagem é executada na prensa, sendo geralmente feita pelo operador da montagem. A estampagem na prensa é um processo muito pouco eficiente, devido a vários fatores, os quais serão posteriormente enunciados:

- o colaborador desloca-se até à seção de quinagem para efetuar a estampagem;
- tempo de setup considerável, tendo em conta o número de peças que normalmente são produzidas;
- é preciso realizar uma marcação prévia no perfil para efetuar a estampagem;
- é necessário qualificações para operar numa prensa;
- quando a prensa está ocupada, o operador não poderá realizar a estampagem e terá que interromper a montagem, visto que não pode montar o perfil sem este estar estampado.

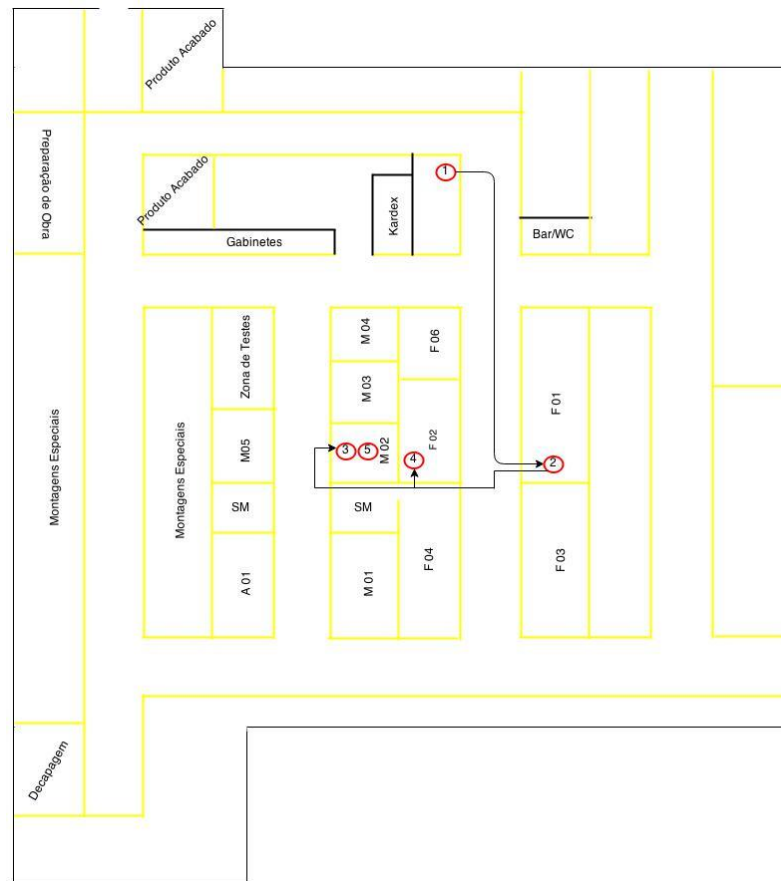


Figura 6 – Fluxo de material do Perfil

Depois de ter analisado cada operação individualmente, surge a necessidade de olhar agora para o funcionamento do processo, começando por observar o fluxo de material.

Como se pode ver na Figura 6, o fluxo do perfil inicia-se com a recolha do material no armazém (1) e transporte até à secção de corte (2). Após este ser realizado, o operador logístico levanta o perfil da secção e leva-o até a secção das montagens (3). Posteriormente, o colaborador da montagem tem que se deslocar até à secção da quinagem (4) para efetuar a operação de estampagem. Por fim, o operador retorna às montagens (5) onde efetua a furação do perfil e a montagem no equipamento. Assim, torna-se perceptível que o fluxo do perfil traz algumas ineficiências, tais como:

- Elevado número de deslocações;
- Elevado stock intermédio;
- Trabalhadores das montagens têm que interromper a montagem e deslocar-se do seu posto para efetuar operações de fabrico no perfil;

Tabela 3 – Fluxo do Processo Operacional do Perfil

Operação	Secção	Tempo
Espera	Planeamento	0,5 dias
Picking	Armazém	0,5 dias
Espera e Transporte	Armazém	
Corte	Secção de Corte	58 seg
Espera e Transporte	Secção de Corte	0,5 dias
Estampagem	Secção de Estampagem	2 min
Furação	Secção de Montagens	2 min
Espera	Secção Montagem	0,5 dias

Após analisar o fluxo de material, urge proceder a uma averiguação mais detalhada do processo operacional. Para isso, recorreu-se à ferramenta VSM. Nesta análise, importa referir que o perfil pode necessitar da operação estampar ou não. Por isso, e como esta operação tem uma importância significativa nos indicadores de desempenho, o procedimento passou por analisar os dois casos em separado. Por conseguinte, a família A representa os perfis que não precisam da operação estampagem e a família B os perfis que necessitam da operação estampagem. A Tabela 4 mostra os consumos de cada uma destas famílias.

Tabela 4 - % de Consumo de Perfil por Família

Família	% Consumo
Família A	65%
Família B	35%

As figuras a seguir representam o VSM da família A e B do perfil.

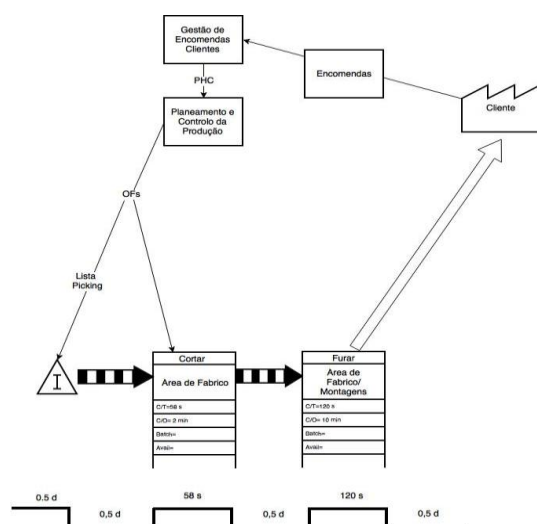


Figura 6 – VSM Perfil da Família A

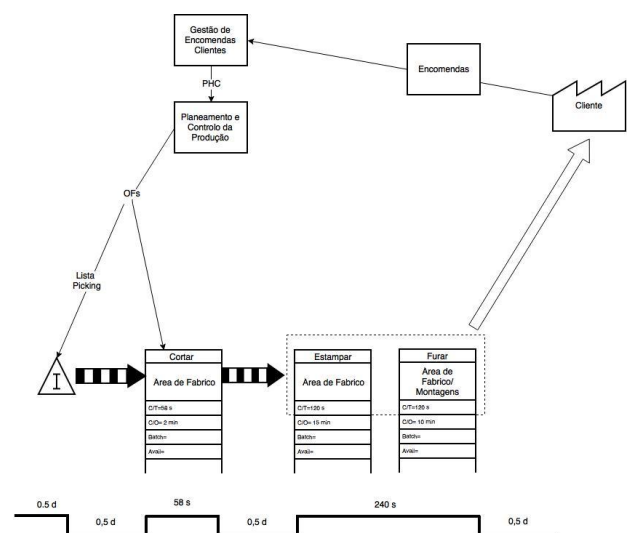


Figura 7 – VSM Perfil da Família B

Da análise dos VSM e do fluxo do perfil descrito acima constata-se alguns constrangimentos que afetam o desempenho atual do fabrico do perfil.

Na Tabela 5 observam-se alguns desses indicadores, como: a distância percorrida pelo produto durante o processo, sendo de 70 metros para a família A e 110 metros para a família B.

O perfil necessita de ser movimentado 2 e 4 vezes desde que sai do armazém até que chega às montagens para a família A e B respetivamente; a produtividade é de 0,33 peças por minuto para a família A e de 0,20 para a família B.

O tempo de fabrico de um lote de 100 unidades de perfil, desde que é lançada a ordem de fabrico até que chega às montagens, traduz-se no *lead time* de 2,62 dias para a família A e de 3,03 para a família B; no entanto, o tempo de ciclo – o tempo que é realmente gasto nas operações, este é o tempo que acrescenta valor ao produto – é de 0,62 dias para a família A e de 1,03 para a família B.

Sendo assim, verifica-se um rácio de atividade de 23% e 34% para a família A e B respetivamente. Por fim, a saída da primeira peça verifica-se ao fim de 2,21 dias para a família A e 2,62 dias para a família B.

Tabela 5 – Indicadores Processo Produtivo do Perfil

Indicadores	Família A	Família B
Colaboradores Necessários	1	1
Distância Percorrida	70 metros	110 metros
Deslocações	2	4
Produtividade	0,33 Peças/min	0,20 Peças/min
Lead Time	2,62 dias	3,03 dias
Tempo de Ciclo	0,62 dias	1,03 dias
Tempo de espera	2 dias	2 dias
Rácio de Atividade	23%	34%
Saída da 1ª Peça	2,21 dias	2,62 dias

Este modo de atuar pode causar algumas ineficiências, tais como:

- Grande número de transportes;
- Variabilidade no modo de produção, pois não existe uma produção *standard*;
- Elevado número de *stock* de matéria-prima e produto acabado;
- O perfil fica em armazém apenas cortado, sem estar furado ou estampado;
- O armazenamento da matéria-prima não é feito no mesmo local e não está identificado;
- O perfil é frequentemente cortado furado e estampado, fora das bancadas das montagens, com os operadores a deslocarem-se a outros postos de trabalho, causando longas interrupções no processo;
- Os padrões existentes não são muitas vezes respeitados devido à deficiente gestão visual, com os operadores a perguntar ao chefe de secção o que fazer;
- O perfil quando chega às montagens ainda não está pronto para ser montado. Portanto, o operador ainda tem que furar e estampar o perfil utilizando métodos pouco eficientes;
- O Chefe de secção tem que analisar *Ordens de Fabrico* para ver se é necessário cortar perfil. No caso de ser necessário, ele atribui a tarefa ao operador mais adequado.

3.2.2 Processo Produtivo Tubo/Varão

O próximo processo produtivo a ser analisado é o do tubo/varão, sendo que este é sempre iniciado através do corte da matéria-prima. Neste momento, na JPM, existem três tipos de serrote:

- Semiautomático;
- De fita;
- De disco.

Atualmente, para efetuar o corte de matéria-prima utilizam preferencialmente o serrote semiautomático, recorrendo aos outros dois menos produtivos quando a quantidade a fabricar é tão reduzida que não compensa a utilização do semiautomático, ou então quando é necessário uma peça com urgência e este se encontra ocupado.

Como já foi referido anteriormente, o corte de tubo e varão é realizado por estes equipamentos, por isso importa perceber o consumo de matéria-prima destes dois tipos de material.

Tabela 6 – Consumos de Componentes de Tubo e Varão

Material	Consumo	% de Consumo
Tubo	45224	46%
Varão	52623	54%

Embora se verifique um consumo muito elevado destes dois tipos de materiais, é de realçar que a maioria destes são produzidos externamente, uma vez que a JPM não apresenta capacidade para produção interna dos mesmos. Portanto, impõe-se a necessidade de fazer referência ao consumo de materiais que são produzidos internamente.

Tabela 7 – Consumos de Componentes de Tubo e Varão Produzidos Internamente

Material	Consumo	% de Consumo
Tubo	23758	83%
Varão	4987	17%

Procedendo à análise da Tabela 7, verifica-se que o tubo é de fato o material mais produzido na Empresa, com cerca de 83% do consumo. É importante referir que o varão serve essencialmente para alimentar a maquinaria, sendo, portanto, um material que sofre poucas deslocações ao longo do seu processo produtivo, uma vez que a maioria dos componentes que são realizados a partir do varão só apresenta as operações de corte e maquinaria.

Após verificar que são os componentes provenientes da matéria-prima tubo que são produzidos em maior quantidade, é agora necessário perceber o seu processo produtivo e verificar o número de famílias que existem desses tipos de componente.

Posteriormente, verifica-se que há um tipo de família responsável por cerca de 83% dos componentes produzidos. A Tabela 8, mostra as operações que essa família sofre até estar pronta a ser utilizada.

Tabela 8 – Operações Realizadas pela Família A

Nº da Operação	Designação
1	Corte
2	Escarear
3	Polir
4	Colocar Topos

É perceptível que a maioria dos produtos produzidos a partir do tubo apresentam este processo produtivo, surgindo assim a necessidade de focar o estudo na família A, de modo a perceber o fluxo de materiais para a realização dos produtos desta. A Figura 7 mostra as deslocações feitas pelo material até estar pronto.

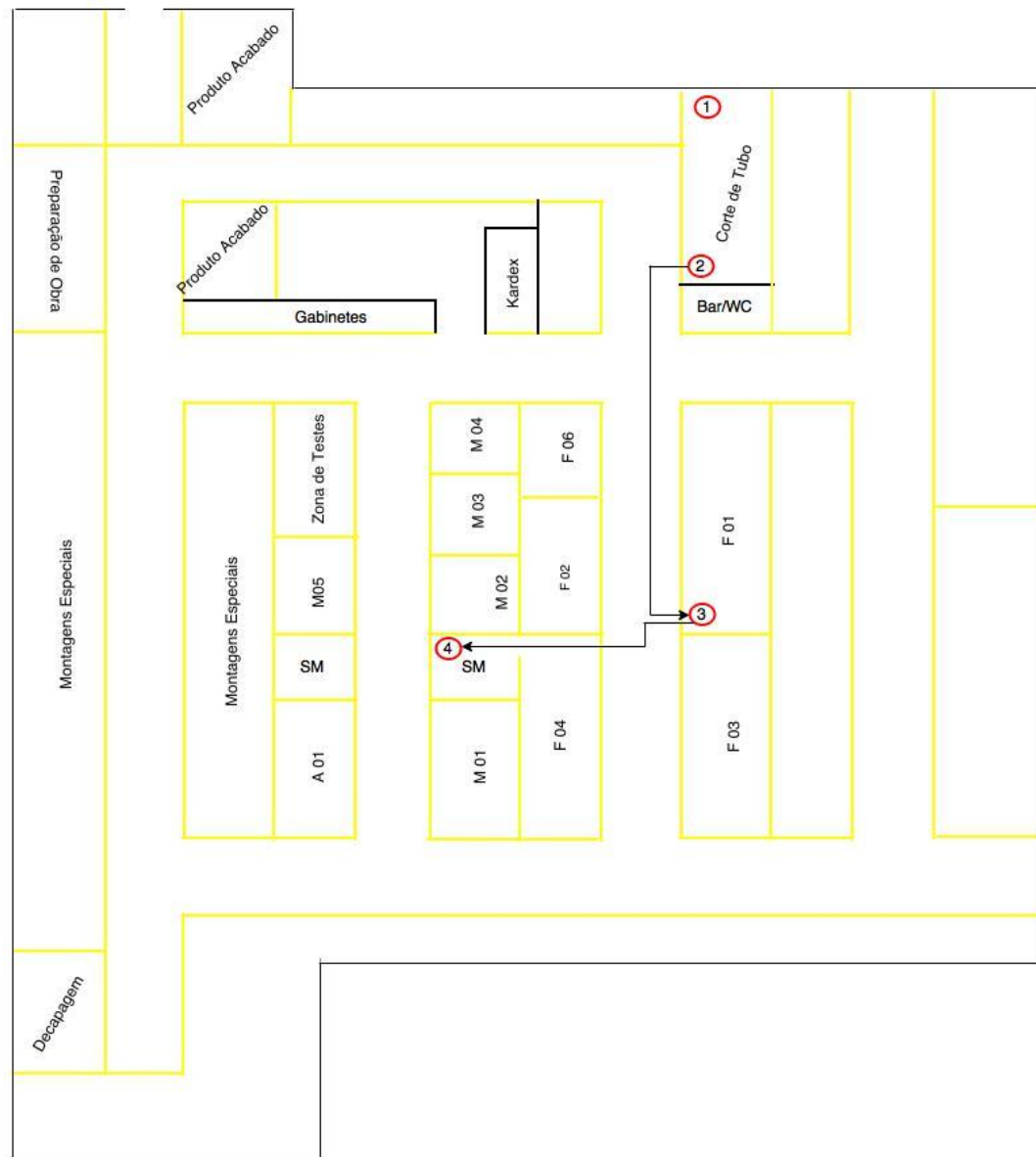


Figura 7 – Fluxo de Material Processo Produtivo do Tubo

Do fluxo de material representado na Figura 7, depreende-se que o colaborador tem que fazer o *picking* do material - neste caso, o armazém de tubo é junto ao serrote, portanto o colaborador apenas tem que ver na ordem qual o tubo que vai cortar e recolher a respetiva matéria-prima. Após o *picking* do material, o colaborador realiza o corte. Em seguida, o tubo tem que ser transportado até à secção F01, onde se realizam as operações de escarear, polir e colocar topos.

Tabela 9 - Fluxo do Processo Produtivo do Perfil

Operação	Secção	Tempo
Espera	Planeamento	0.5 d
Picking	Armazém	1 min
Corte	Armazém	
Espera e Transporte	Armazém	0,5 dias
Escarear	Secção de Corte	1 min
Polir	Secção de Corte	1 min
Colocar Topos	Secção de Corte	50 seg
Espera e Transporte	Secção de Corte	0,5 dias

Depois de analisado o fluxo de material, recorreu-se à ferramenta VSM para descrever o processo do tubo e cada operação individualmente.

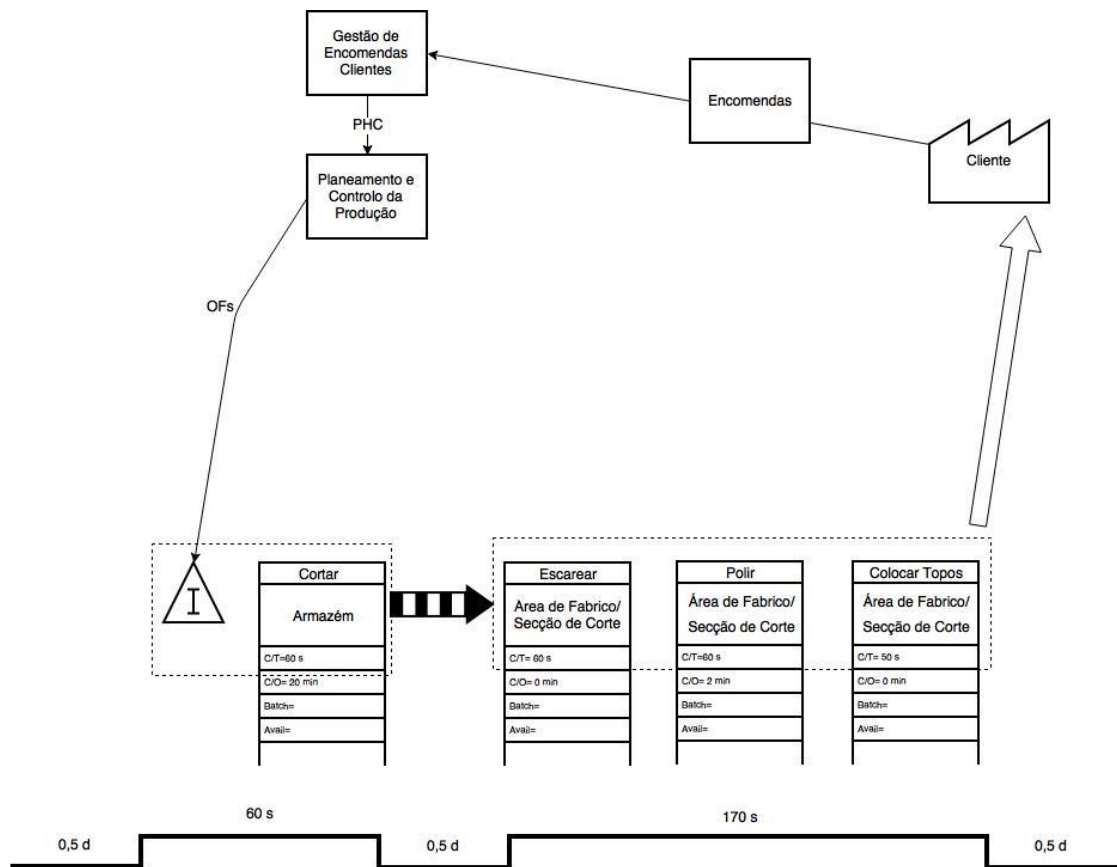


Figura 8 – VSM Processo Produtivo Tubo

Da análise deste, é possível retirar informação que permita calcular indicadores que caracterizem a atividade operacional do tubo.

Na Tabela 10 apresentam-se os constrangimentos atuais no fabrico atual do tubo. Verifica-se que é utilizado um colaborador ao longo do processo produtivo do tubo. A distância percorrida pelo material desde que inicia o processo de produção até estar concluído é de 50 metros e são realizadas duas deslocações.

Neste processo é possível realizar 0,25 peças por minuto e verifica-se um *lead time* de 2,34 dias. O tempo de ciclo desta atividade operacional é de 0,84 dias, apresentando ainda um tempo de espera nas seções de 1,5 dias. Por conseguinte, o processo fabril do tubo tem um rácio de atividade de 36% e a saída da primeira peça ocorre ao fim de 1,67 dias.

Tabela 10 – Indicadores Processo Produtivo do Tubo

Indicadores	Família A
Colaboradores Necessários	1
Distância Percorrida	50 metros
Deslocações	2
Produtividade	0,25 Peças/min
Lead Time	2,34 dias
Tempo de Ciclo	0,84 dias
Tempo de espera	1,5 dias
Rácio de Atividade	36%
Saída da 1ª Peça	1,67 dias

Da análise ao fabrico do tubo observaram-se os constrangimentos seguintes:

- Os padrões existentes não são muitas vezes respeitados devido à deficiente gestão visual, com os operadores a perguntar ao chefe de secção o que fazer;
- O chefe de secção tem que analisar as ordens de fabrico e ver se é preciso cortar tubo. No caso de ser necessário, ele atribui essa tarefa ao colaborador mais adequado;
- Falta de qualidade, que resulta num número excessivo de produtos com defeito. Estes defeitos implicam números elevados de *rework* e de sucata;
- Como as operações não são executadas em sequência e existindo um desfasamento entre o corte e as outras operações a deteção das não conformidades não é imediata. Esse desfasamento entre a ocorrência do defeito e a sua deteção origina uma falta de responsabilização pela produção de defeitos, o que leva o colaborador a ter menos cuidado com o material;
- A matéria-prima do tubo embora esteja junto aos serrotes, não se encontra identificada e muitas das referências estão misturadas com outras. Esta forma de armazenamento faz com que seja muito mais difícil procurar qualquer referência de tubo, e, consequentemente, o colaborador perde muito tempo nessa função;

Estas atividades devem ser encaradas como atividades que consomem recursos, mas não acrescentam valor, assumindo-se como atividades que desperdiçam recursos. É necessário implementar medidas para eliminar esses desperdícios.

3.2.3 Processo Produtivo Chapa

No início desta análise, a empresa ainda não tinha instalado a máquina de corte laser, que permite efetuar o corte das suas peças. Por isso, as peças eram cortadas, externamente, sendo o lead time condicionado por essa subcontratação permanente que impunha duas referências na base de dados para o mesmo material: uma para dar entrada do material cortado externamente e outra para a mesma peça mas que já sofreu processos de fabrico internamente.

O processo descrito neste subcapítulo é o do corte das peças externamente.

Antes de analisar o processo produtivo em si, é essencial que se proceda à divisão dos diferentes produtos provenientes da matéria-prima chapa em famílias. Para isso recorreu-se a uma análise ABC e foi obtida a divisão dos produtos em duas famílias: a família A agrega os materiais que após a realização da operação de corte e rebarbagem seguem para a secção de quinagem; a família B representa os produtos que depois de realizarem o corte vão para a secção da maquinagem, onde poderão realizar as operações de escarear, fresar e roscar.

Constatou-se, nesta separação de produtos por família utilizando como fator de separação o processo produtivo, que nas duas famílias os materiais são rebarbados antes de realizarem a operação de quinagem.

Tabela 11 - % de Consumo de Chapa por Família

Família	% Consumo
Família A	60%
Família B	40%

Depois da análise dos consumos das duas famílias é importante enumerar as operações aplicadas aos produtos de cada família.

Tabela 12 – Operações por Família

Operações	Família A	Família B
Cortar	X	X
Rebarbar	X	
Maquinar		X
Rebarbar		X
Quinar	X	X
Decapar	X	X

A Tabela 12 representa o fluxo de material para a realização de uma peça da família A, enquanto a Figura 10 representa o fluxo de material necessário para a realização de um componente da família B.

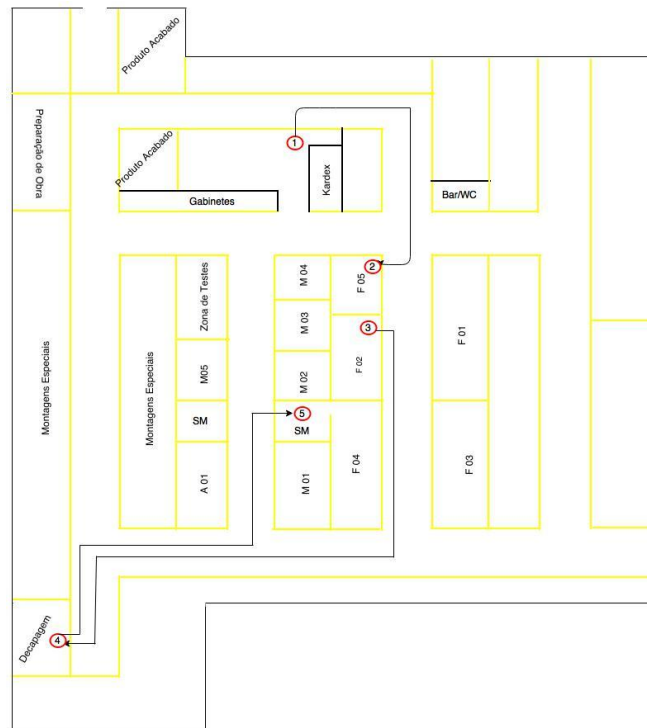


Figura 9 - Fluxo de Material dos Produtos da Família A

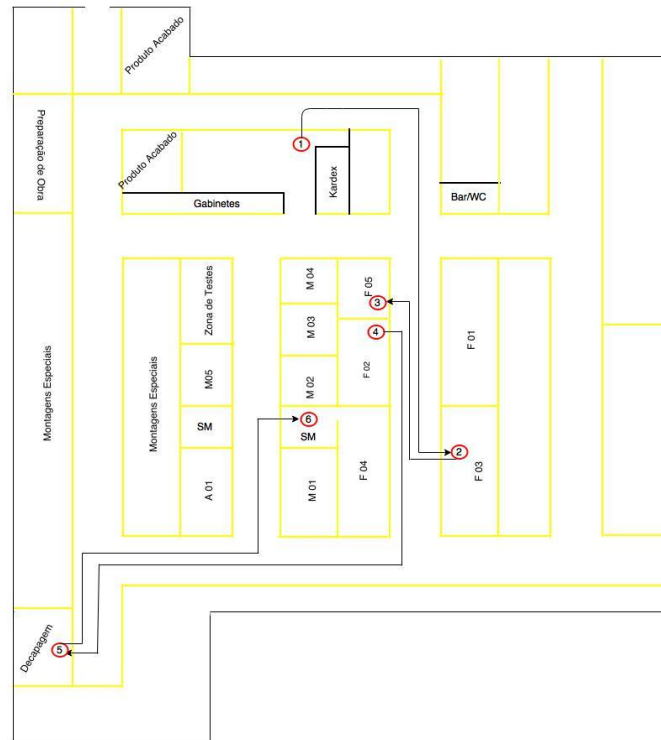


Figura 10 – Fluxo de Material dos Produtos da Família B

Na Tabela 13 é possível visualizar a lista de operações, incluindo os transportes e esperas necessários para realizar uma peça da família B. São igualmente observáveis a partir desta tabela as operações necessárias para realizar uma peça da família A, sendo elas as correspondentes aos números 1,2,5,6,7,8,9 e 10.

Tabela 13 - Fluxo do Processo Produtivo da Chapa

Nº da Operação	Operação	Secção	Tempo
1	Compra, Picking	Armazém	5 dias
2	Espera e Transporte	Armazém	
3	Maquinar	Secção Maquinagem	1.5 min
4	Espera e Transporte	Secção Maquinagem	0.5 dias
5	Rebarbar	Secção Rebarbagem	1 min
6	Espera	Secção Quinagem	0.5 dias
7	Quinar	Secção Quinagem	2 min
8	Espera e Transporte	Secção Quinagem	0.5 dias
9	Decapar	Secção Decapagem	0.07 min
10	Espera e Transporte	Secção Decapagem	0.5 dias

Da análise dos fluxos de matérias representados nas Figura 9 e Figura 10 e da Tabela 13 podemos evidenciar como principais constrangimentos o transporte frequente dos materiais e o tempo de espera nas secções com depósitos de WIP.

No seguimento desta análise, é importante fazer um VSM elucidativo do processo que nos ajude a encontrar oportunidades de melhoria.

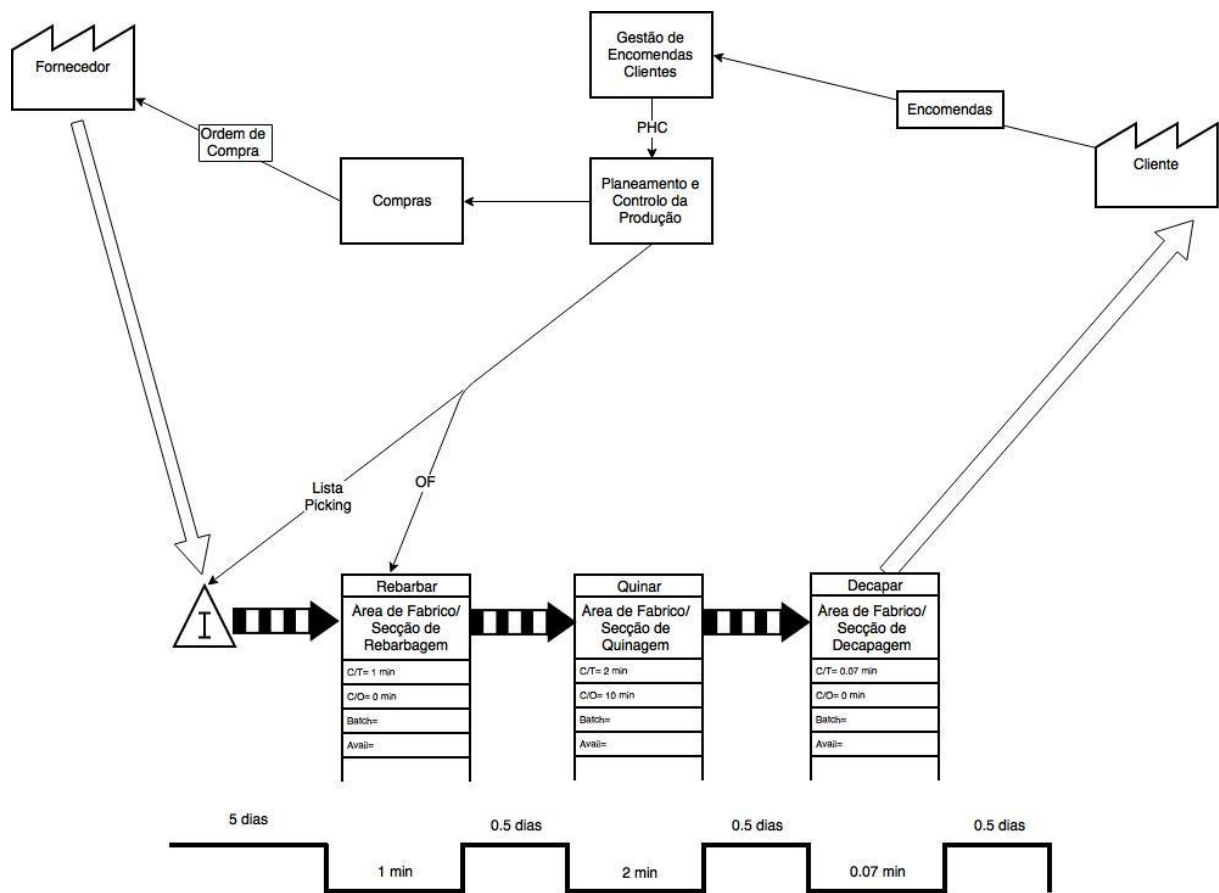


Figura 11 – VSM Processo Produtivo da Chapa Família A

Da análise do VSM (Figura 11) pode-se retirar informações que permitem calcular indicadores que caracterizem o processo. O VSM referente aos produtos da família B encontra-se no anexo C.

Na Tabela 14 encontram-se os indicadores que caracterizam o processo produtivo da chapa, tanto da família A como da família B. Verifica-se que ambas as famílias necessitam de um colaborador durante o processo produtivo, a distância percorrida pelo material é maior para os produtos da família B (194 metros) do que para os produtos da família A (118 metros), por isso é também de esperar que o número de deslocações seja maior na família B (4) do que na família A (3).

Relativamente à produtividade, os produtos da família A e B apresentam, respetivamente, valores de 20 peças/hora e 13 peças/hora. Para o cálculo dos restantes indicadores utilizou-se um lote de fabrico de 400 unidades, o *lead time* é de 9 dias para a família A e 10 dias e 7 horas para a B. Verificou-se um tempo de ciclo de 2,5 dias para a família A e de 3 dias e 7 horas para a família B. Fazendo a diferença entre *lead time* e tempo de ciclo chega-se ao tempo de espera nas secções que é de 6,5 dias para a família A e 7 dias para a família B. Verifica-se uma razão de atividade maior na família B (35%) do que na família A (19%). Por fim, a saída da 1ª peça acontece ao fim de 7,5 dias na família A e 10 dias e 1 hora na família B.

Tabela 14 – Indicadores Processo Produtivo da Chapa

Indicadores	Família A	Família B
Colaboradores Necessários	1	1
Distância Percorrida	118	194 metros
Deslocações	3	4
Produtividade	0,33 peças/min	0,22 peças/min
Lead Time	9 dias	10 dias e 7 horas
Tempo de Ciclo	2,5 dias	3 dias e 7 horas
Tempo de espera	6,5 dias	7 dias
Rácio de Atividade	19%	35%
Saída da 1ª Peça	7,5 dias	10 dias e 1 horas

Da análise feita ao processo de fabrico observaram-se os constrangimentos seguintes:

- Elevado número de deslocações;
- Elevado número de tempo de espera entre secções;
- A mesma peça contém dois códigos, um da peça cortada que é realizada externamente e outro da peça com as operações realizadas internamente. Estes dois códigos pertencem à mesma peça, mas, uma vez que é necessário dar entrada no software de gestão de stocks das peças compradas, são necessários dois códigos;
- A compra das peças cortadas demora 5 dias, o que representa mais de 50% do tempo do processo. Tal tempo de espera aumenta significativamente o tempo de resposta da empresa.

4 Solução Proposta

No presente capítulo são apresentadas as soluções propostas e implementadas, resultantes da análise das oportunidades de melhoria, assim como o impacto das mesmas no desempenho dos processos.

As soluções estão divididas em quatro temas: alteração do layout da fábrica, implementação de células de fabrico, padronização do trabalho e implementação de *kanban*.

4.1 Alteração do Layout da Fábrica

Na secção 3.1 foi apresentado o *layout* da empresa no início do projeto e na secção 3.2 o processo produtivo geral da Empresa. Particularmente na secção 3.2 foi identificado um problema que se prendia com o enorme número de transportes que o material sofria desde o início do processo até à peça estar concluída.

Constatado o problema e o seu impacto negativo a Empresa decidiu criar uma fábrica de corte, onde pretende cortar todos os componentes necessários no fabrico. Portanto, para isso foi necessária a aquisição de uma máquina de corte laser, uma vez que a JPM ainda não era capaz de efetuar o corte das peças de chapa necessárias. Com a aquisição dessa máquina, a Empresa teve necessidade de efetuar alterações no seu *layout*. Essas mudanças serão reportadas a seguir.

Um dos requisitos considerados no novo layout foi incluir o armazenamento de matéria-prima junto da secção de corte. Com esta introdução pretendeu-se:

- Eliminar ruturas dos stocks de chapa que passa a ser gerida pelo responsável do corte;
- Eliminar tempo de espera e transporte até à secção de corte.

Inicialmente foi pedido que as secções de fabrico ficassem concentradas na nave 2 e então desenharam-se três propostas de layout que estão representadas no anexo D.

Após a análise dessas propostas constataram-se os constrangimentos potenciais seguintes:

- Espaço reduzido, nas células de corte, o que condicionaria a eficiência;
- Crescimento condicionado da célula de fabrico por limitação de espaço;
- As células ocupavam área do armazém existente que reclamava falta de espaço.

Sendo a nave 1 destinada à manutenção, serviço que não ocupava a sua área total, contudo apesar do excesso de espaço este estava desorganizado, decidiu-se que a fábrica de corte seria instalada nesta nave, como está representado no layout no anexo E. Para isso definiu-se um plano de ações para arrumar e reformular a utilização da nave 1.

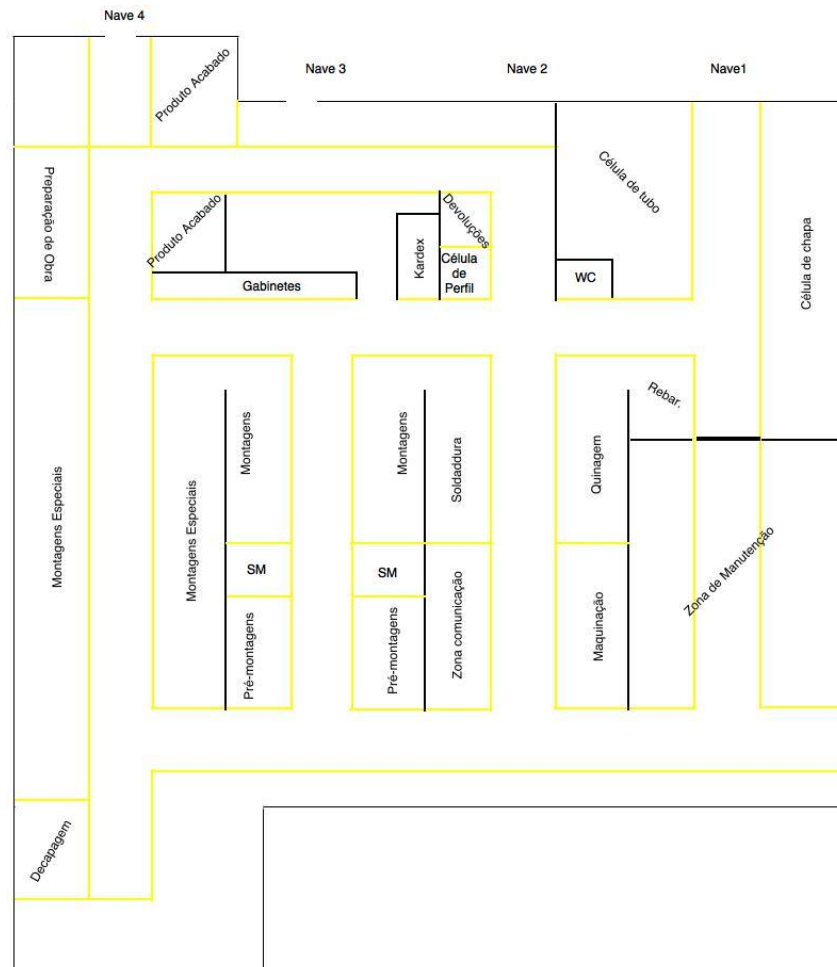


Figura 12 – Novo Layout JPM

Com a introdução da máquina laser, o layout da JPM passou a ser o que está descrito na Figura 12. Sendo assim as secções ficaram distribuídas pelas naves da seguinte forma:

- Nave 1;
 - Célula de Chapa;
 - Célula de Tubo;
 - Zona de Manutenção;
- Nave 2;
 - Célula de Perfil;
 - Secção Soldadura;
 - Secção Quinagem;
 - Secção Maquinação;
 - Zona de Comunicação;
- Nave 3;
 - Montagens e Pré-Montagens;
 - Supermercado;
- Nave 4;
 - Montagens Especiais;

- Zona de Decapagem.

4.2 Implementação de Células de Fabrico

Em conjunto com as alterações realizadas no layout foi feito um estudo para a implementação de células de fabrico dos materiais provenientes da chapa, perfil e tubo.

Nos subcapítulos seguintes será explicada a organização de cada célula de fabrico, os motivos que levaram à sua implementação e ainda serão mostrados os resultados que se obtiveram com esta.

Na análise das diferentes células de fabrico não se realizou o cálculo do *takt time*, uma vez que a nível de fabrico a JPM consegue satisfazer esses tempos de todos os componentes de montagens que são fabricados internamente, também porque grande parte desses componentes que utilizam na montagem são de compra. Por outro lado, estas análises foram sempre feitas tendo em consideração o aumento da produtividade, *lead time* e tempo de ciclo, tendo em conta a previsão de crescimento da empresa. Dessa forma, a partir desse momento esta poderá analisar a possibilidade de aumentar o número de componentes produzidos internamente.

4.2.1 Célula de Fabrico de Perfil

A célula de perfil foi a primeira a ser implementada. Como foi analisado na secção 3.2.1 esta era uma célula tida como prioritária, pelas várias ineficiências detetadas e transmitidas a outros setores como o das montagens.

Para melhorar o processo foram definidas as regras básicas seguintes:

- Eliminar operações que não acrescentam valor nem são necessárias ao produto;
- Combinar operações de forma a realizar várias operações em simultâneo;
- Ordenar as operações, realizando-as na sequência mais vantajosa;
- Simplificar o processo.

Tendo em conta as oportunidades de melhoria enumeradas na secção 3.2.1, definiram-se as seguintes ações:

- A matéria-prima permanece na célula de perfil, eliminando o tempo de espera da mesma separada no armazém e o respetivo transporte até à zona de corte;
- projeto e fabrico de uma máquina que combine as operações de cortar, furar e estampar perfil. Com esta ação pretende-se eliminar os transportes e tempos de espera entre secções. Por outro lado os operadores das montagens deixam de ter que realizar operações de fabrico, uma vez que o perfil chega ao destino com as operações realizadas;
- padronização do trabalho;
- criação de um quadro de sequenciamento, de forma que o colaborador saiba a sequência em que tem de realizar as ordens, evitando deslocações desnecessárias pela fábrica à procura do chefe de secção para lhe atribuir a tarefa seguinte.

Armazenamento de Perfil

Construiu-se uma estrutura para armazenar o perfil, a fornecer em rolo à célula de corte. O perfil utilizado atualmente é fornecido em barras de três metros e transitoriamente continua a ser armazenado em estantes. Com a criação da estrutura, para armazenar o perfil em rolo, liberta-se espaço de armazenagem. Foi também feita uma ação para organizar e ordenar as diferentes referências, sendo assim qualquer operador desta célula será capaz de identificar qualquer referência.



Figura 13 - Armazenamento Perfil Antigo



Figura 14 - Armazenamento Perfil Atual

Projeto da Máquina

No âmbito da implementação de célula de fabrico do perfil foi proposto pela Empresa a pesquisa de um equipamento que permitisse o corte de perfil automático, eliminando todas aquelas ineficiências do processo de corte descritas na secção 3.2.1. Em vez de procurar a solução externamente, e até porque a empresa já o tinha feito sem sucesso, analisou-se a sua fazibilidade interna.

A Empresa aceitara o estágio curricular em ambiente empresarial de outro mestrando da FEUP a concluir Engenharia Mecânica no ramo projeto e construção mecânica, sendo a sua tese sobre *Standard Work*, projeto contemporâneo deste que fundamenta a presente dissertação. Por iniciativa da Empresa e com a anuência dos mestrandos elaborou-se o projeto dum equipamento customizado de corte de perfil automática que integra a operação de furação. Esta ação teve o resultado representado na Figura 15.

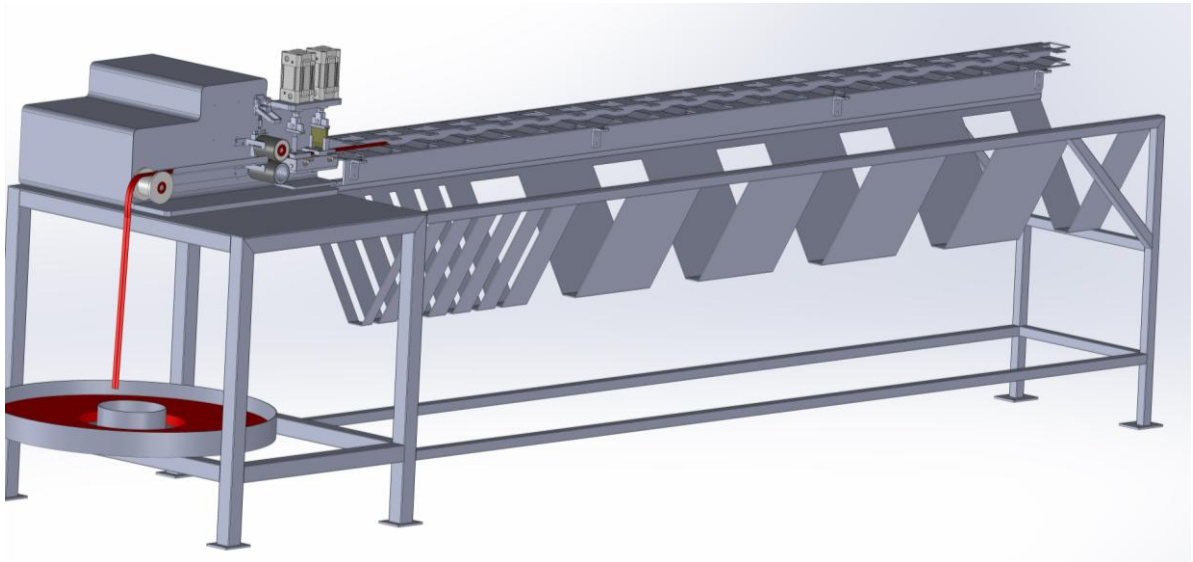


Figura 15 – Máquina de Cortar e Furar Perfil

A solução proposta, com integração de duas operações e consequente melhoria no processo, tinha um potencial de melhoria. Assim sendo propôs-se que, para além das operações de cortar e furar, integrasse também a operação de conformação, anteriormente designada por estampagem.

A solução evoluiu integrando a conformação. O resultado desta segunda proposta é apresentado na Figura 16. Esta proposta foi apresentada à Empresa e foi aprovada para fabrico. No anexo F é divulgado o orçamento para o fabrico interno do equipamento e o cálculo da poupança no custo de mão-de-obra no processo com a implementação desta solução.

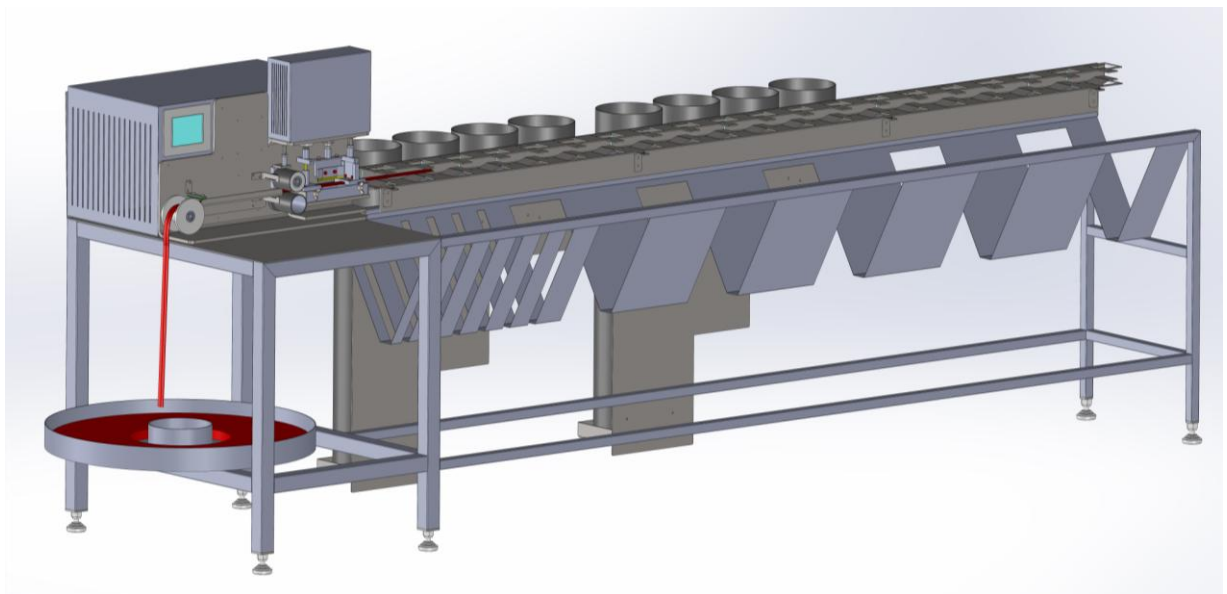


Figura 16 – Máquina de Furar, Cortar e Estampar Perfil

Com a implementação da célula de perfil e do novo equipamento é previsível que o processo sofra várias melhorias. De seguida enumeram-se as melhorias expectáveis no processo.

Na Figura 17 está representado o fluxo de materiais do perfil previsto.

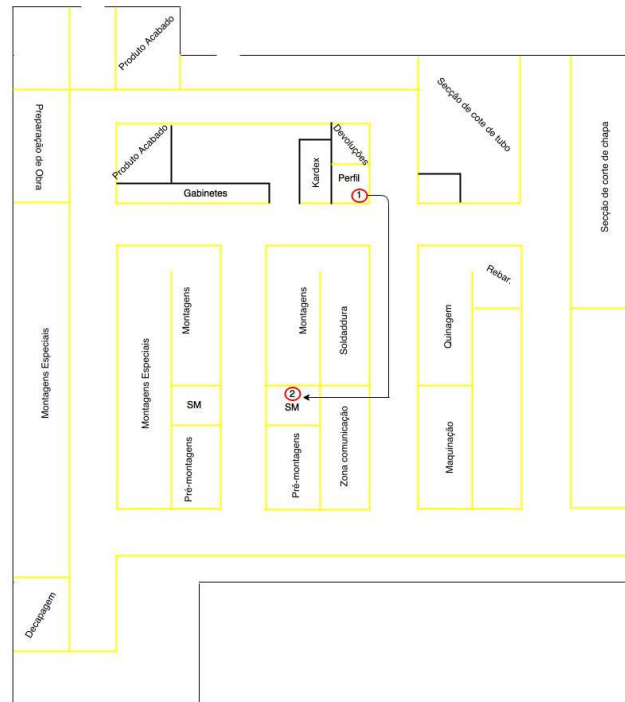


Figura 17 – Fluxo de Materiais Previsto Célula de Perfil

Da análise da Figura 17 constata-se a simplificação do fluxo do perfil. Isto deve-se ao facto de a matéria-prima estar na célula de fabrico eliminando assim um transporte, e por outro lado à combinação das operações de corte, furação e conformação.

Verifica-se que a matéria-prima está na célula pronta para ser transformada. Na célula de fabrico são realizadas todas as operações que o perfil necessita para sair pronto da célula.

Tabela 15 - Fluxo do Processo Produtivo do Perfil

Operação	Secção	Tempo
Espera	Célula de Perfil	0,5 dias
Picking, Cortar, Furar e Estampar	Célula de Perfil	30 seg
Espera e transporte	Célula de Perfil	0,5 dias

Como se pode observar na Tabela 15, com a implementação da célula de perfil, reduziu-se o número de operações do perfil para uma, combinando picking, cortar, furar e conformar.

No entanto, desde a identificação da necessidade até ao início de produção é necessário 0,5 dias para o planeamento e lançamento da ordem de fabrico e a decisão do chefe da secção. Após a produção o perfil permanece na célula aguardando transporte, pelo operador logístico, para as montagens ou supermercado.

A nova célula de perfil terá o seguinte layout:

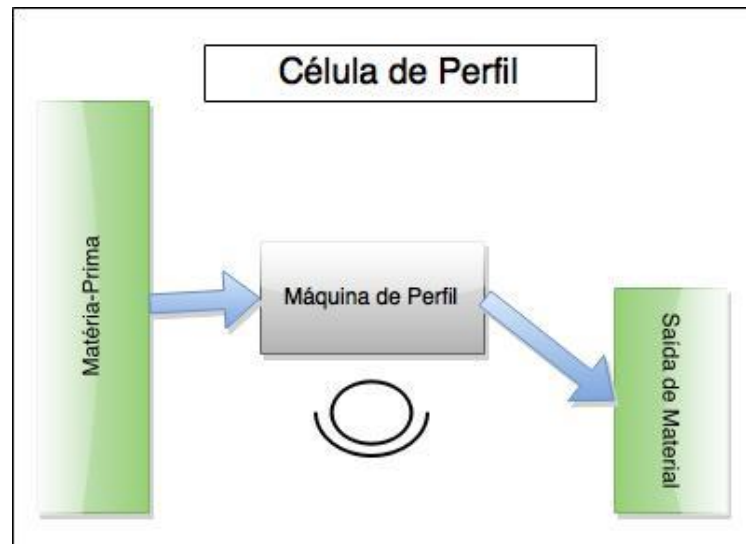


Figura 18 – Layout Célula de Fabrico de Perfil

A Figura 18 retrata o layout da célula de perfil.

Como se pode ver na figura é necessário que o colaborador faça o *picking* do material, o introduza na máquina e, por fim, o coloque no local destinado ao produto final, para posteriormente ser transportado pelo operador logístico para o local pretendido. A instrução de trabalho mais detalhada pode ser consultada no anexo G.

De seguida apresentam-se os cálculos dos indicadores que permitem caraterizar o novo processo do perfil, sendo também quantificadas as melhorias verificadas. Neste caso não há a separação por famílias para o cálculo de indicadores, uma vez que a única diferença entre as duas famílias é a realização ou não da operação de estampagem. Esta operação ao ser realizada automaticamente deixa de necessitar *de setup e o* tempo de operação torna-se pouco significativo, o que não justifica a separação em famílias. Contudo a tabela apresenta a comparação do desempenho do novo processo em relação ao desempenho antigo das duas famílias.

Tabela 16 – Comparação entre Indicadores do Processo Proposto e Antigo

Indicadores	Processo Atual	Melhoria A	Melhoria B
Colaboradores Necessários	1	0	0
Distância Percorrida	44 metros	38%	60%
Deslocações	1	50%	75%
Produtividade	3 Peças/min	900%	1500%
Lead Time	1 dia	62%	67%
Tempo de Ciclo	20 min	93%	96%
Tempo de espera	1 dia	50%	50%
Rácio de Atividade	4%	83%	89%
Saída da 1ª Peça	4 horas	77%	81%

Como se pode ver na Tabela 16, com a introdução da célula de perfil verifica-se uma melhoria significativa em quase todos os indicadores utilizados para caraterizar o processo.

Para o cálculo dos indicadores do processo proposto considerou-se uma velocidade de avanço do motor da máquina de 4 m/s e um tempo de avanço e recuo dos cilindros pneumáticos de 2 segundos. Foi também considerado um lote de fabrico de 100 unidades.

Relativamente aos colaboradores do processo atual mantêm-se a utilização de apenas um operador, que realizará tarefas adicionais que estão alocadas à secção de montagem. De acordo com a simulação prevê-se acréscimo elevados de eficiência e produtividade.

A distância percorrida pelos materiais é reduzida para 44 metros, verificando-se aí uma melhoria de 38% para a família A e 60% para a família B, pois a distância percorrida no novo processo é feita em apenas uma deslocação, constatando-se assim uma melhoria de 50% na família A e de 75% na família B.

Quanto à produtividade, esta passa a ser de 3 peças por minuto verificando-se uma melhoria de 900% para a família A e 1500% para a família B, o *lead time* diminui para um dia, sendo que aqui houve uma melhoria de 62% na família A e 67% na B. Já no tempo de ciclo constata-se uma enorme redução do tempo para 20 minutos, aqui podemos verificar uma melhoria de 93% na família A e 96% em B, o tempo de espera foi reduzido para um dia, verificando-se uma melhoria de 50% em ambas as famílias. A saída de primeira peça acontece ao fim de 4 horas, o que resulta numa melhoria de 77% na família A e 81% na B.

Verifica-se a diminuição do rácio de atividade, no entanto não podemos dizer que isto se traduza numa diminuição da performance do processo já que os resultados da simulação indicam melhoria tanto no tempo de ciclo como no *lead time* que são indicadores que constituem este rácio.

Constata-se que o tempo de ciclo teve uma melhoria mais acentuada que o *lead time*. Por outro lado, também se verifica que apenas 4 % do tempo necessário para produzir o produto, desde que é detetada a necessidade até que ele esteja pronto, é utilizado em operações de fabrico, ou seja operações que acrescentam valor para o produto.

4.2.2 Célula de Fabrico de Tubo

Após a implementação da célula de fabrico de perfil, partiu-se para a implementação de célula de fabrico do tubo. Nesta secção seguiram-se os mesmos passos do que para a célula anterior.

Tal como aconteceu na célula de perfil, o objetivo da implementação da célula no tubo é aumentar a produtividade e diminuir o *lead time* e tempo de ciclo, para no futuro aumentar o número de produtos produzidos internamente provenientes da matéria-prima tubo ou varão.

Como se verificou na análise da secção 3.2.2 interessa-nos estudar a família A descrita na secção. A partir das oportunidades de melhoria, descritas na referida secção, definiram-se ações de melhoria que se enumeram:

- Identificação e organização da matéria-prima do tubo e varão, para que seja relativamente fácil a qualquer operador da célula encontrar o material que pretende. Sendo assim simplifica-se significativamente o tempo de procura de material;
- Juntar as operações necessárias para o fabrico das peças desta família e organizá-las da melhor forma, com isto procura-se não só aumentar a performance do processo, mas também a deteção imediata de defeitos;
- Padronização do trabalho, com esta ação pretende-se que todos os colaboradores da célula atuem forma, assegurando a qualidade em todas as peças produzidas e minimizando a sucata ou o rework;
- Instalar um quadro de sequenciamento nesta célula, tal como se implementou na do perfil, para evitar que o operador tenha que procurar o chefe da secção para saber qual o trabalho que vai fazer a seguir.

Armazenamento do Tubo/Varão

Como se pode observar na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, o armazenamento do tubo não era feito da forma mais correta e eficiente. Da observação da figura pode-se destacar algumas deficiências de armazenamento:

- As prateleiras não estão identificadas;
- Existem referências diferentes misturadas;
- Era habitual colocar lotes de tubo no chão;

Posto isto para na nova célula de fabrico atribuiu-se mais uma estante para o armazenamento do tubo para que se possam distribuir as várias referências por prateleira e não seja necessário o armazenamento de tubo no chão. Identificaram-se todas as prateleiras e atribuindo-se a cada referência uma ou mais prateleiras, sendo agora mais fácil para o colaborador localizar a referência que pretende, eliminando-se assim o habitual desperdício da



Figura 20 - Armazenamento de Tubo/Varão Antigo



Figura 19 - Armazenamento de Tubo/Varão Atual

O rearranjo do armazenamento do tubo foi a primeira ação realizada na seção, tal como se fizera com a célula de fabrico do perfil.

Seguiu-se a seleção das máquinas a localizar na célula de fabrico de tubo. De acordo com a análise reportada na secção 3.2.2 a família A é responsável por cerca de 83% da produção de componentes provenientes da matéria-prima tubo. Portanto, as máquinas a instalar nesta célula eram as necessárias para efetuar o fabrico de produtos da família A.

Sendo assim, decidiu-se que na célula seriam alocados as seguintes máquinas:

- Serrote semiautomático;
- Polidora;
- Bancada que auxilia as operações de escarear e colocar topes.

No cálculo do número de operadores a alocar à célula de fabrico seria recomendado considerar o valor do takt time, determinando quantos recursos seria necessário alocar à célula para assegurar esse takt time. No entanto, como o takt time já era garantido pelo anterior processo, o objetivo da criação da célula passa a ser o aumento da performance do processo.

Como se pode verificar na Tabela 17 passarão a operar dois operadores na célula do tubo, sendo atribuídas ao operador 1 as operações de corte e polir e ao operador 2 as de escarear e colocar topes.

Tabela 17 – Divisão de trabalho na célula de Tubo

Operação	Máquina	Colaborador	Tempo
Corte	Serrote	Colaborador 1	1 min
Escarear	Bancada de Escarear	Colaborador2	1 min
Polir	Polidora	Colaborador 1	50 seg
Colocar Topos	Bancada de Escarear	Colaborador 2	1 min



Figura 21 – Balanceamento dos Colaboradores da Célula de Tubo

Na Figura 21 pode-se observar o tempo de ciclo para realizar um lote de fabrico de 100 unidades que é de 200 minutos. Comparando com o valor que se obteve na secção 3.2.2 verifica-se uma melhoria de 200 minutos.

Determinados os recursos e as operações, que serão realizadas na célula, desenhou-se o fluxo de matérias necessários para a realização de um componente.

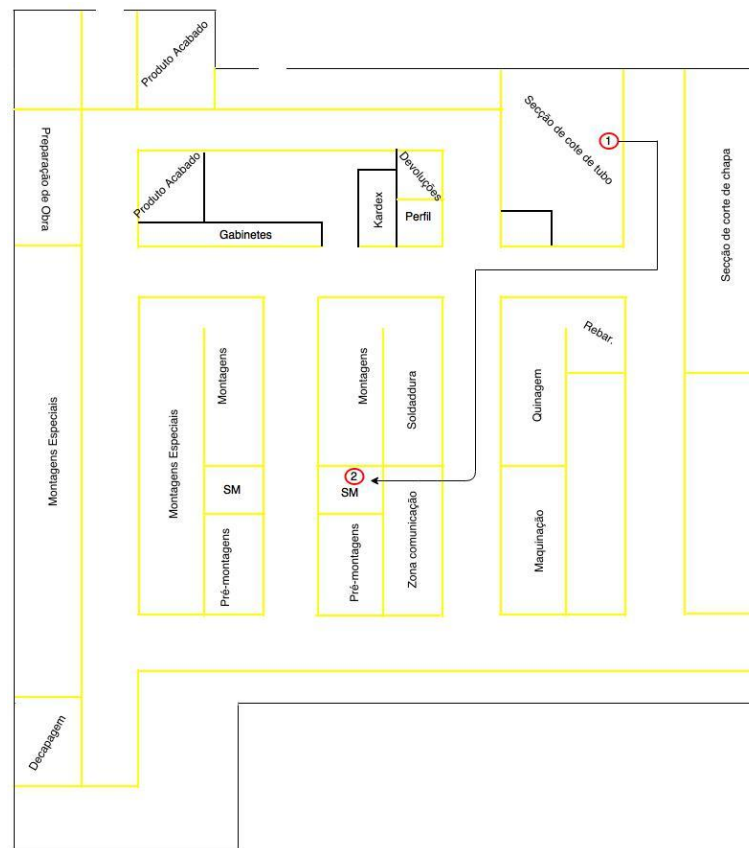


Figura 22 – Fluxo de Materiais do Tubo

Tabela 18 – Fluxo do Processo do Tubo

Operação	Secção	Tempo
Espera	Armazém	0,5 dias
Picking	Armazém	1 min
Corte	Armazém	
Escarear	Célula de Tubo	1 min
Polir	Célula de Tubo	1 min
Colocar Topos	Célula de Tubo	50 seg
Espera e Transporte	Célula de Tubo	0,5 dias

Como se pode constatar na Figura 22 praticamente não há fluxo de materiais entre secções, ou seja, as operações de fabrico necessárias para fabricar um produto da família A são todas realizadas dentro da célula de tubo.

Após execução do lote o produto aguarda na célula até que o operador logístico o recolha e o transfira para o supermercado. Em comparação com o fluxo descrito na secção 3.2.2 existe a eliminação de uma deslocação. O atual fluxo tinha ineficiências, no entanto a criação da célula de fabrico permitiu estabelecer novas formas dos operadores melhorarem o seu desempenho.

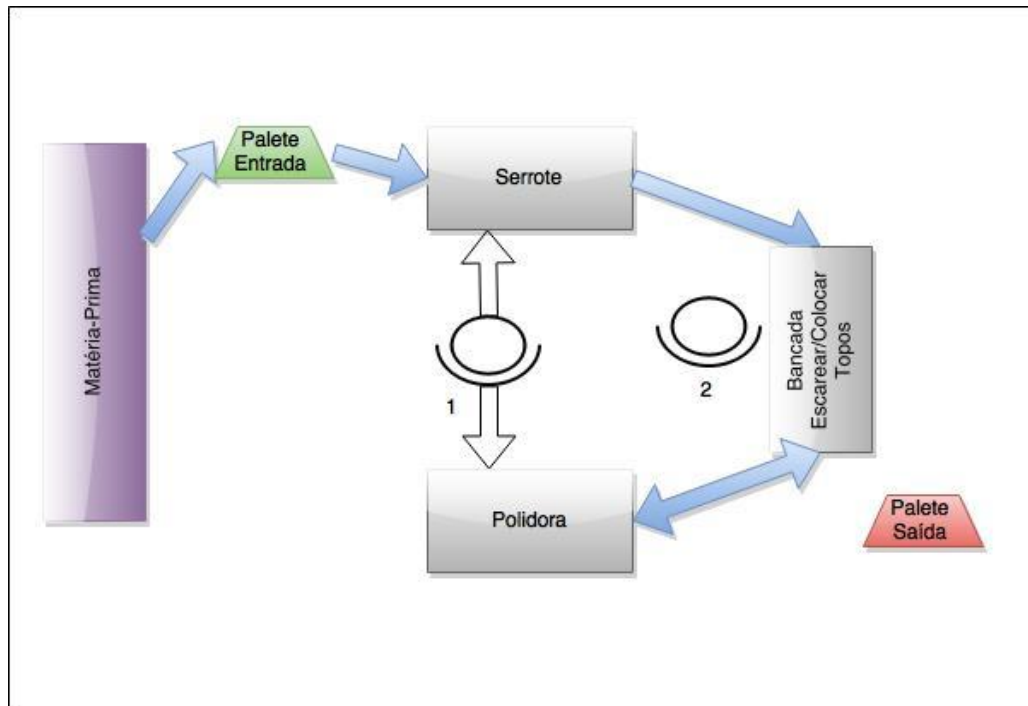


Figura 23 – Layout Célula de Fabrico do Tubo

Na Figura 23 está representado o layout da célula de fabrico do tubo. O ciclo de trabalho inicia-se com o picking da matéria-prima que é feita pelo operador 2 enquanto o operador 1 faz a programação do serrote e desencadeia o corte. Então o operador 2 executa a operação de escarear. O operador 1 após concluir o corte e inicia a operação de polir. O operador 2 após concluir a operação de escarear inicia a colocação de topos.

A instrução de trabalho para esta célula pode ser consultada no anexo H.

Tabela 19 – Comparação de Indicadores do Processo Antigo e da Célula de Tubo

Indicadores	Família A	Melhoria
Colaboradores Necessários	2	100%
Distância Percorrida	75 metros	50%
Deslocações	1	50%
Produtividade	0,5 Peças/min	100%
Lead Time	1,41 dias	40%
Tempo de Ciclo	0,41 dias	50%
Tempo de espera	1 dias	33%
Rácio de Atividade	29 %	20%
Saída da 1ª Peça	0,5 dias	70%

Constata-se Tabela 19, uma melhoria em termos de performance do processo. Verifica-se uma duplicação dos operadores e um aumento de 50% na distância percorrida mas com menos uma deslocação. A produtividade regista uma melhoria de 100%, mas quando medida em peças por minuto e por operador não se regista melhoria, contudo no processo atual aumentando o número de operadores para o dobro não se conseguiria obter este nível de produtividade, sendo legítimo afirmar que a produtividade aumenta com a implementação da célula.

Os restantes indicadores foram medidos tendo em conta um lote de fabrico de 100 unidades, para o lead time constatou-se uma melhoria de 40%, já o tempo de ciclo foi reduzido em 50% e o tempo de espera desceu 33%.

Relativamente à saída da 1ª peça esta acontece ao fim de meio dia de trabalho o que regista uma melhoria de 70%. O rácio de atividade tal como aconteceu na célula de perfil piorou 20%, embora se tenha melhorado o *lead time* e o tempo de ciclo. A melhoria no tempo de ciclo é superior o que se reflete no decréscimo da taxa de atividade.

4.2.3 Célula de Corte de Chapa

Para facilitar a implementação da máquina de corte laser e gerar o mínimo de entropia foi decidido a manutenção das duas referências descritas na secção 3.2.3, uma para a peça cortada, e outra para componente final. Sendo assim decidiu-se que uma peça cortada era uma peça que já continha as operações de cortar e remover a rebarba.

Com a implementação da máquina foi contratado um novo chefe, para a secção de corte, e para facilitar a sua integração foi decidido que todas as peças cortadas entrariam no armazém e só depois é que saíam para o fabrico. Esta decisão pode gerar um contrassenso em termos de processo produtivo criando algumas ineficiências, no entanto foi tomada tendo em conta a menor experiência do novo chefe de secção de corte em relação ao fluxo de informação interno promovendo a sua integração de forma gradual e consistente. Os fluxos das duas famílias estudadas, tendo em conta esta primeira fase de implementação, podem ser observados no anexo I.

A seguir apresenta-se a proposta da célula de fabrico e a situação prevista em termos de fluxos, após a resolução do problema com a codificação das peças.

O primeiro passo para a implementação da célula foi selecionar as máquinas que serão alocadas à célula. Como foi descrito na secção 3.2.3 a família com maior consumo é a A, por outro lado esta é a família que também têm maior número de referências.

Para resolver o constrangimento do elevado número de transportes e tempo de espera entre secções atribuiu-se à célula as máquinas de corte, rebarbagem, sendo que a secção de quinagem foi colocada junto a esta célula.

Foi avaliada com a Empresa a inclusão na célula da máquina de decapagem no entanto foi rejeitada essa proposta justificada pela contaminação que a máquina provoca.

Tabela 20 - Divisão de trabalho na célula de chapa

Operação	Máquina	Colaborador	Tempo
Corte	Máquina Laser	Colaborador 1	2 min
Separação Retalho da Peça	Manual	Colaborador 2	1 min
Rebarbagem	Máquina de Tirar Rebarba	Colaborador 2	1 min

Como se pode ver na Tabela 20 Para resolver o constrangimento do elevado número de transportes e tempo de espera entre secções atribuiu-se à célula as máquinas de corte, rebarbagem, sendo que a secção de quinagem foi colocada junto a esta célula.

Foi avaliada com a Empresa a inclusão na célula da máquina de decapagem no entanto foi rejeitada essa proposta justificada pela contaminação que a máquina provoca.

Tabela 20, estão alocados dois operadores à célula de chapa, um ajudante e o chefe de secção, este último será responsável pela operação da máquina laser e todas as de corte. O chefe de secção é responsável pela programação e operacionalização do corte por laser. O segundo operador separa a peça cortada do retalho e remove a rebarba na máquina de rebarbar.

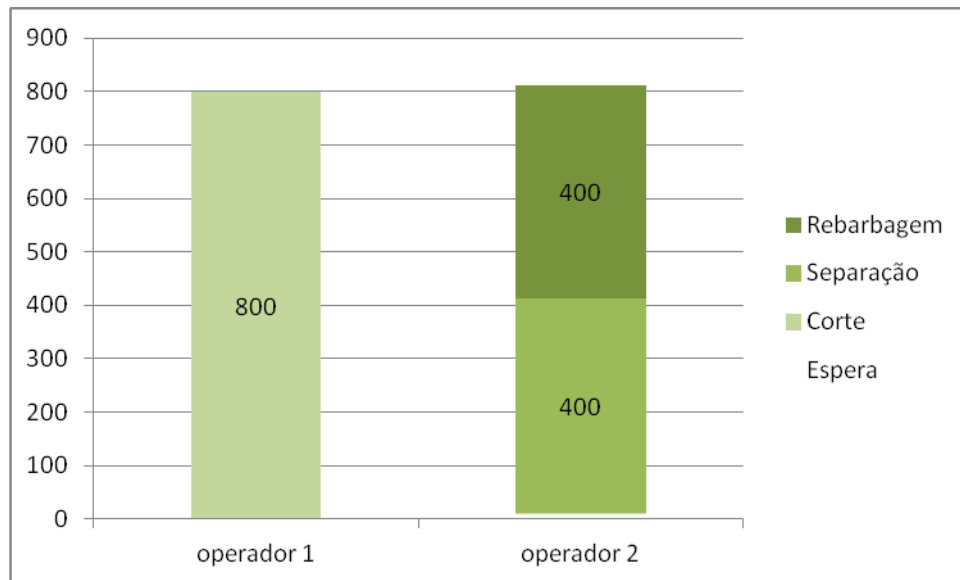


Figura 24 - Balanceamento dos Colaboradores da Célula de Chapa

Como se pode ver na Figura 24, o tempo de ciclo para a produção das duas primeiras operações de um produto da família A é de 800 minutos, faltando ainda as operações de quinizar e decapar. Estes cálculos foram feitos tendo em conta um lote de fabrico de 400 unidades.

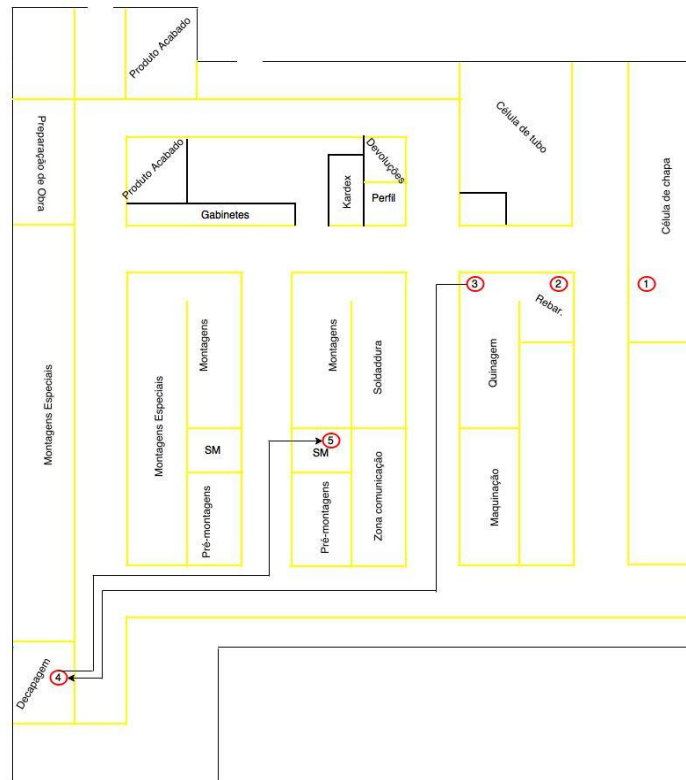


Figura 25 – Fluxo de Material da Chapa

Como se pode verificar na Figura 25, o fluxo de material da chapa reduziu consideravelmente, passando a ser necessário apenas duas deslocações para realizar o processo.

A matéria-prima está na secção e o picking é feito pelo operador auxiliar que faz o carregamento da máquina, o qual após o corte de cada chapa destaca e remove do retalho todas peças cortadas. Este operador efetua a operação de rebarbagem e deixa as peças rebarbadas na secção de quinagem. Nessa secção as peças serão quinadas por outro operador designado pelo chefe de secção do fabrico.

As peças quinadas ficam à espera que o operador logístico as transporte até à secção de decapagem, onde serão decapadas por outro colaborador e posteriormente levadas para o destino final pelo operador logístico.

Tabela 21 - Comparação de Indicadores do Processo Antigo e da Célula de Chapa

Indicadores	Família A	Melhoria
Nº de Colaboradores Necessários	2	100%
Distância Percorrida	105 metros	11%
Nº de Deslocações	2	33%
Produtividade	0,24 Peças/min	27%
Lead Time	4,92 dias	45%
Tempo de Ciclo	3,42 dias	39%
Tempo de espera	1,5 dias	77%
Rácio de Atividade	70%	268%
Saída da 1ª Peça	4,42 dias	41%

Como se verifica na Tabela 21, com a implementação da célula de chapa o processo registrará uma melhoria significativa de performance mas essa melhoria condiciona o desempenho quando analisado pelos outros indicadores.

Com a introdução da operação de corte o número de operadores duplica. A distância percorrida diminui 11%, enquanto o número de deslocações foi reduzido em uma deslocação, o que representa uma melhoria de 33% em relação ao processo anterior.

Os outros indicadores foram calculados, para um lote de fabrico de 400 unidades, nos quais se sentirá a vantagem na realização interna da operação de corte. A produtividade, tal como o tempo de ciclo viram a sua performance diminuída, uma vez que com a introdução da operação corte o número de operações realizadas internamente aumentou e consequentemente tempo de ciclo. Sendo a produtividade calculada com base no tempo de ciclo esta também diminuiu. No entanto com a introdução da máquina laser a Empresa viu outros indicadores melhorarem: o *lead time* registou uma melhoria de 45% já que não é preciso esperar cinco dias por uma peça cortada externamente.

Sendo a subcontratação do corte um serviço comprado era considerada como tempo de espera sendo óbvio que esta melhoria seja enorme (77%).

Constata-se também o aumento do rácio da atividade o que se esperava uma vez que o tempo de ciclo aumentou e o lead time diminuiu e por isso o tempo de resposta da Empresa melhorou significativamente constatando-se cerca de 41%. O facto de ter aumentado o tempo de ciclo à custa da operação de corte não parece ser muito preocupante, porque a Empresa ainda não domina esta nova operação e que com um pouco mais de maturidade no processo se alcancem os resultados esperados.

4.3 Outras Implementações

Para além da implementação das células de fabrico descritas na secção anterior, foram elaboradas no decorrer do estágio outras ações. Essas foram especialmente focadas no tema da gestão visual.

4.3.1 Implementação de Kanban

Com a implementação das células de fabrico, detetou-se a necessidade de utilizar o sistema de gestão visual *kanban* para regular o abastecimento e produção nas células. O primeiro passo para a introdução de *Kanbans* é a definição dos componentes em que se vai implementar o referido sistema. Para isso, recorreu-se a uma análise dos consumos dos equipamentos produzidos pela JPM e selecionaram-se os equipamentos que apresentavam maior consumo para serem geridos por *kanban*. Sendo assim, produziu-se a árvore de cada um dos produtos selecionados. Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** está representada a árvore do produto de um troço de 1 metro, que é o equipamento mais produzido na empresa.

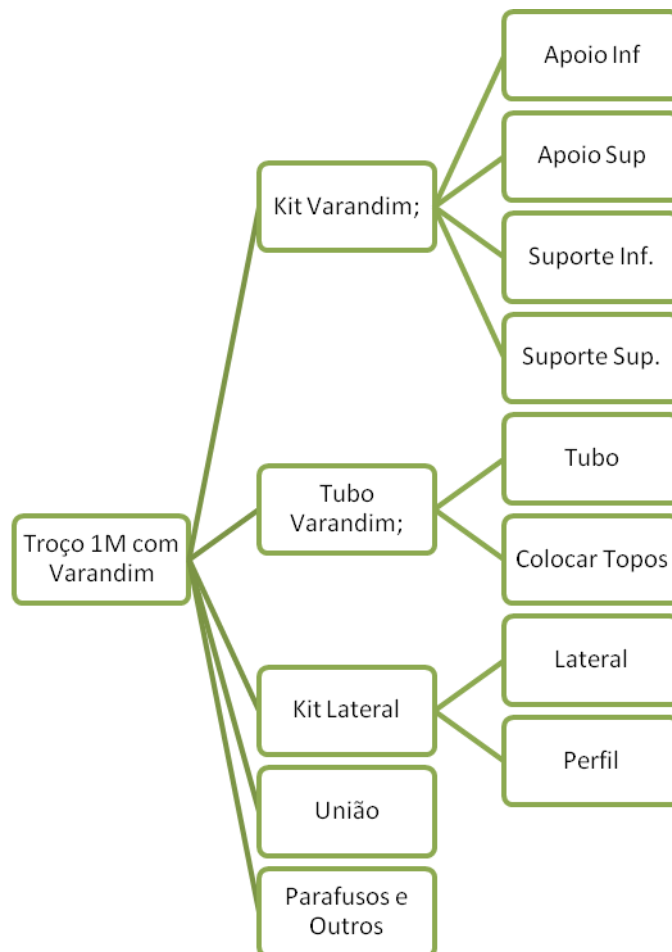


Figura 26 – Árvore do Produto do Troço de 1 metro

Após a análise da árvore do produto decidem-se quais são os componentes que se pretende que sejam geridos como *kanbans*, de forma a reduzir o stock do produto final, sem afetar a capacidade de resposta da Empresa.

A seleção priorizou o *kanban* nas pré-montagens o que determinou extender esse sistema a todos os materiais ou componentes a montante dessas pré-montagens, identificados na árvore do produto.

Após selecionar os produtos, que serão geridos por *kanban*, é necessário calcular o número de *kanbans* a utilizar: para o cálculo do número utilizou-se a equação 4.1.

$$K = TT \times LT (1 + \alpha) / C + 1 \quad (4.1)$$

Onde:

- TT, é a procura por unidade de tempo do produto em questão (Takt Time);
- LT, é o Lead Time;
- α , é um fator de segurança;
- C, é a Capacidade do contentor.

No cálculo utilizou-se um fator de segurança de 0.3, opção determinada por baixa confiança nesta implementação, assegurando que seriam improváveis as ruturas de *stock*.

Para implementar o sistema *kanban* foi necessário a construção dos cartões *kanban*, e ainda a construção de um quadro de construção de lote, que estão representados no anexo K.

4.3.2 Quadro de sequenciamento

Como foi descrito na terceiro capítulo um dos constrangimentos comum a todas as secções de fabrico é a inexistência de gestão visual com os operadores sem saberem o que fazer a seguir e por essa razão a questionar frequentemente o chefe de secção.

A solução proposta e implementada foram os quadros de sequenciamento, onde os chefes de secção pudessem sequenciar o trabalho que pretendem ver concluído num determinado período de tempo, e por outro lado o operador soubesse sempre o que fazer, porque essa orientação estaria no sequenciamento do quadro.

Os quadros são compostos por três ou quatro campos, dependendo da secção e da necessidade da secção em causa ter o campo *em curso*. Os diferentes campos são:

- **Balde:** Conjunto de ordens que estão por sequenciar, estas ordens já foram trazidas para a secção, contudo o chefe de secção ainda não as sequenciou, por isso não são para fazer;
- **Agenda:** Conjunto de ordens sequenciadas pelo chefe de secção - o colaborador deve retirar a primeira ordem deste separador sempre que terminar a que está a realizar;
- **Em Curso:** Nem todas as secções necessitam deste separador, conjunto de ordens que foram interrompidas ou por falta de material ou porque foi necessário realizar uma mais urgente, devendo estas ser retomadas assim que seja possível;
- **Pronto:** Conjunto de ordens já terminadas, o colaborador deverá colocar a ordem nesta secção e o material no local destinado ao material pronto.

A agenda pode ser dividida por máquinas, permitindo ao chefe de secção sequenciar o trabalho por equipamento. Esta opção foi usada apenas na secção de montagem, como se pode verificar na Figura 27.

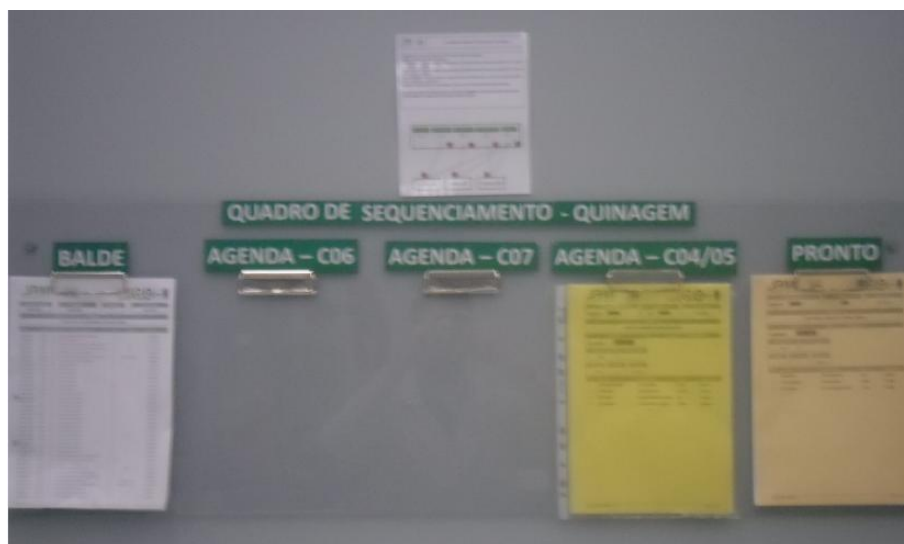


Figura 27 – Quadro de Sequenciamento Quinagem

Os quadros podem ser consultados no anexo J, onde se encontra também um quadro de planeamento da equipa, que indica ao colaborador qual é a secção onde iniciam o dia, facilitando a comunicação entre planeamento e chefes de secção. Podemos encontrar também no anexo J2 o quadro de sequenciamento das montagens que é ligeiramente diferente dos restantes.

4.3.3 Padronização do Trabalho

Realizou-se um documento que estabelece um padrão para as tarefas que cada operador tem que fazer dentro das células de produção. Esse documento contém a descrição do produto, as tarefas que cada colaborador tem que realizar e uma foto que elucida o local onde essa tarefa se executa. Tem também um *layout* da célula e o fluxo do processo.

Com esta padronização pretende-se que qualquer trabalhador que seja indicado para operar na célula consiga efetuar o trabalho consultando o documento.

5 Conclusões

O estágio decorreu num período de baixa de produção, as previsões para 2015 era para um crescimento, de $\pm 60\%$, e no fim do primeiro semestre verificou-se um decréscimo da produção de dois terços em relação ao período homólogo do ano de 2014. Esta baixa de produção dificultou a análise da situação inicial, porque o ritmo de produção não era o desejado para fazer o levantamento do processo produtivo. Todavia, a diminuição da carga facilitou as novas implementações na Empresa, pela disponibilidade de recursos para fazer as alterações necessárias.

5.1 Resultados Obtidos

Os objetivos propostos no arranque do projeto foram alcançados, com a ajuda de todos os intervenientes, começando pela Gerência que autorizou a implementação da maioria das soluções propostas, passando pelos coordenadores de cada departamento e como é óbvio os do departamento de produção e engenharia de processos, que sempre deram todo apoio necessário na elaboração dos planos de melhoria. Por fim mas não menos importante o envolvimento dos chefes de secção e operadores que ajudaram no reconhecimento das oportunidades de melhoria e na implementação das soluções.

Um dos aspetos mais difíceis de controlar nestas implementações é a resistência dos colaboradores à mudança, no caso da JPM essa resistência não foi muito significativa, e muitas das mudanças chegaram mesmo a ser propostas pelos chefes de secção que estão constantemente à procura da melhoria para as suas secções. Essa mentalidade de melhoria dos chefes de secção é transmitida aos seus colaboradores diretos que aceitam estas ações com normalidade e nelas se envolvem sempre que solicitados.

Ao longo do projeto surgiram oportunidades de realizar o levantamento do processo produtivo da Empresa, elaborar planos de ações e implementar os respetivos planos de melhoria. A grande parte do tempo do projeto foi dedicada à implementação de células de fabrico, sendo este o objetivo primordial, por forma a aumentar a eficiência dos processos eliminando possíveis perdas existentes, reduzindo as atividades que não acrescentam valor ao produto e melhorando continuamente o processo produtivo.

Como foi referido na secção 4.2.1, a máquina projetada para a célula de corte de perfil ainda não está fabricada, embora já tenha sido apresentada à Gerência e aprovada pela mesma. Esta máquina foi pensada tendo em conta a perspetiva de crescimento inicial da empresa, previsão esta que se mantém embora tenha passado por um período mais calmo este semestre.

Com a introdução desta máquina e respetiva célula pode-se prever uma melhoria significativa em todos os indicadores de desempenho deste processo produtivo, que era visto pela empresa como um dos mais ineficientes.

Quanto à célula de tubo, verificou-se uma melhoria na generalidade dos indicadores de desempenho.

Os indicadores de desempenho do processo destas duas primeiras células melhoraram significativamente, principalmente o *lead time*, o que mostra que a empresa é agora capaz de produzir o produto mais rápido a partir do momento que é detetada a sua necessidade. O tempo de resposta é agora inferior, o que se traduz num aumento da confiança na implementação do sistema produção à encomenda. O tempo de ciclo também baixou consideravelmente, o que para além de diminuir o tempo de resposta, mostra-nos que o tempo de utilização de recursos também diminuiu, sendo agora necessários menos recursos para realizar os mesmos produtos.

Por outro lado, embora se tenha verificado uma redução no tempo de ciclo e no *lead time*, o rácio de atividade diminuiu, o que demonstra que a melhoria foi mais significativa em termos de tempo de ciclo. Pode-se constatar que os dois rácios de atividade se apresentam abaixo dos 30%, o que significa que mais de 70% do *lead time* é gasto em transportes e tempos de espera.

Relativamente à célula de chapa, foi feita uma análise prévia ao processo, de forma a implementar uma célula de fabrico e esta foi a última a ser implementada pois a máquina de corte laser só ficou operacional na primeira semana de Junho. O principal objetivo com a introdução do corte foi atingido - a redução do *lead time*, que se traduziu num aumento da capacidade de resposta da empresa.

No decorrer do estágio foram desenvolvidos outros trabalhos com vista a melhorar o desempenho da produção. Os trabalhos foram desenvolvidos maioritariamente no campo da gestão visual operacional. Um dos trabalhos desenvolvidos nessa área e que se encontra inteiramente ligado com as células de fabrico, é a implementação de *kanbans*. Com esta implementação verificou-se uma diminuição do trabalho de planeamento, uma redução gradual dos *stocks* e uma resposta mais rápida face às necessidades, aumentando, mais uma vez, a confiança para o sistema desejado de produção à encomenda. As primeiras implementações de *kanbans* foram feitas num clima de “medo” e alguma desconfiança por parte de alguns colaboradores que receavam as quebras de *stock*. Foi por isso sobrestimado a quantidade de produto que deveria estar em *kanbans*.

Como era de esperar, num clima de baixa produção e juntando a isso uma sobrestimação do número de *kanbans*, a rotatividade dos produtos em *kanbans* tem sido baixa, e em alguns produtos até se verificou que é ainda inexistente. Portanto, até à data não se conseguiram retirar as vantagens que se pretendem deste tipo de sistema. Sendo assim, não foi difícil convencer os colaboradores que o caminho passava pela redução da quantidade de produto em *kanbans*, mesmo estando estes reticentes.

Outras das implementações a nível de gestão visual foram os quadros de sequenciamento, com isto verificou-se uma redução das movimentações dos colaboradores pela fábrica, que tinham que procurar o chefe de secção para saber a ordem que iam trabalhar a seguir. Estes quadros demonstraram ser bastante simples, o que permitiu uma fácil implementação dos mesmos e um funcionamento quase perfeito logo desde o início. Foi relativamente fácil convencer os chefes de secção que esta seria uma boa solução para eles, até porque era um dos problemas que eles evidenciavam, já os restantes colaboradores mostraram alguma resistência inicial, mas rapidamente perceberam que esta era uma forma de simplificar a sua comunicação com o chefe de secção e melhorar a sua produtividade.

Todas estas ações foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar a eliminação de desperdício existente na produção. Com a diminuição do tempo de resposta deixou de existir a necessidade de ter tanto produto em stock e de produzir tão cedo. Constatou-se também uma melhoria nas movimentações de materiais e operadores. Estes resultados derivam de uma melhoria no fluxo produtivo.

5.2 Trabalhos Futuros

Das conclusões retiradas do projeto é fácil prever que se abrem portas a trabalhos futuros que a seguir se enunciam:

- na célula de perfil, após a construção do equipamento, deverá haver acompanhamento inicial do arranque e se é necessário fazer alguma alteração no trabalho padronizado;
- na célula de tubo com o aumento da produtividade e consequente diminuição da utilização dos serrotes surge a necessidade de estudar a implementação de células para outras famílias de materiais que passem a ser cortadas internamente. A Empresa adquiriu à pouco tempo um torno CNC, e como se tinha verificado na secção 3.2.2 apenas cerca de 9% das peças provenientes do varão é que são produzidas internamente;
- criar uma célula de fabrico para a produção de componentes provenientes de varão;
- na célula de tubo, após a apresentação da máquina do perfil, foi lançada a ideia de realizar um estudo para um equipamento que combinasse as operações da família A;
- na célula de chapa será necessário continuar com o estudo do processo de corte e otimizar assim o trabalho dentro da célula de corte, definindo o método que otimize os planos de corte para minimizar o retalho proveniente do corte;
- O sistema *kanban* foi implementado nas curvas e troços do sistema 023 sendo necessário estendê-lo a todas as pré-montagens dos equipamentos 023 e 024.

Referências

Drew, J., McCallum, B., & Roggenhofer, S. (2004). *Journey To Lean - Making Operational Change Stick*. Great Britain: PALGRAVE MACMILLAN.

Ghinato, P. (2000). *Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*. A. T. d. A. F. M. C. Souza. Recife, UFPE.

Goldsby, T., & Martichenko, R. (2005). *Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success*. Florida: J. Ross Publishing, Inc.

Jacobs, F., Chase, R., & Aquilano, N. (2009). *Operations & Supply Management*. New York: McGraw-Hill.

Monden, Yasuhiro. 1984. *Sistema Toyota de Produção*. IMAM - Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais.

Moura, R. A. (1989). *Kanban A Simplicidade do Controle da Produção*. São Paulo: Instituto IMAM.

Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre, Bookman.

Ohno, T., (1988), "Toyota Production System – Beyond Large Scale Production", Cambridge, Massachusetts.

PINTO, João Paulo (2006), "Gestão de operações na indústria e nos serviços", Lidel – Edições Técnicas, Lda, Lisboa.

Pinto, João Paulo. 2009. *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel.

Rother, M. and Shook, J., (1998), "Learning to See", Version 1.2., The Lean Enterprise Institute Inc, Brookline, Massachusetts.


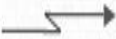







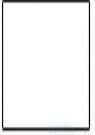




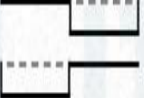

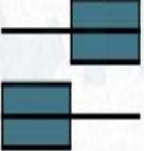



Rother, M., & Shook, J. (2003). Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar Desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick (2002), “Criando Fluxo Contínuo: um guia de acção para gerentes, engenheiros e associados da produção”, Lean Institute Brasil, São Paulo.

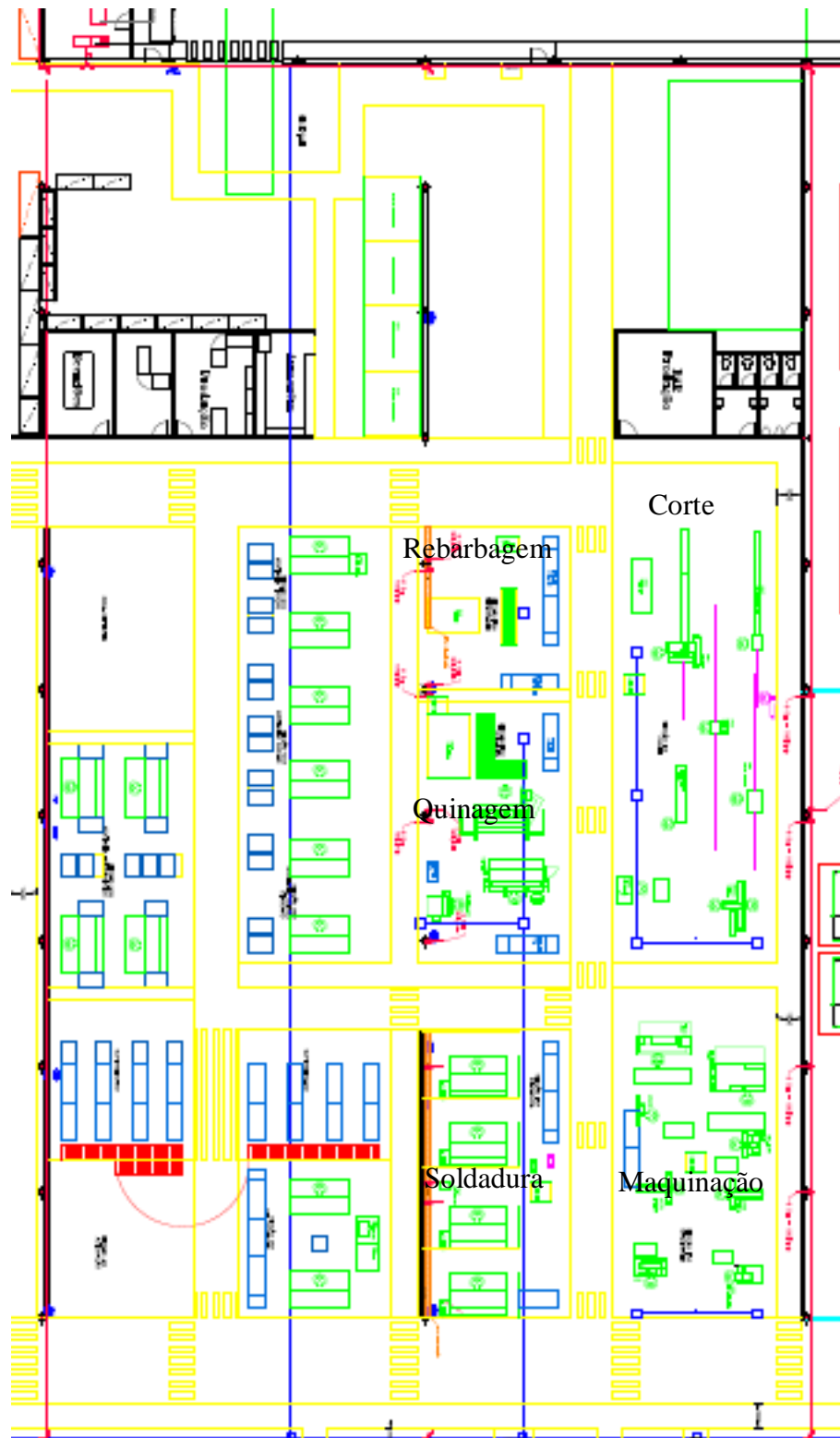
Shingo, Shigeo. 1981. A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. Japan Management Association.

Womack, J., & Jones, D. (2004). A Mentalidade Enxuta nas Empresas - Lean Thinking. Rio de Janeiro: CAMPUS.

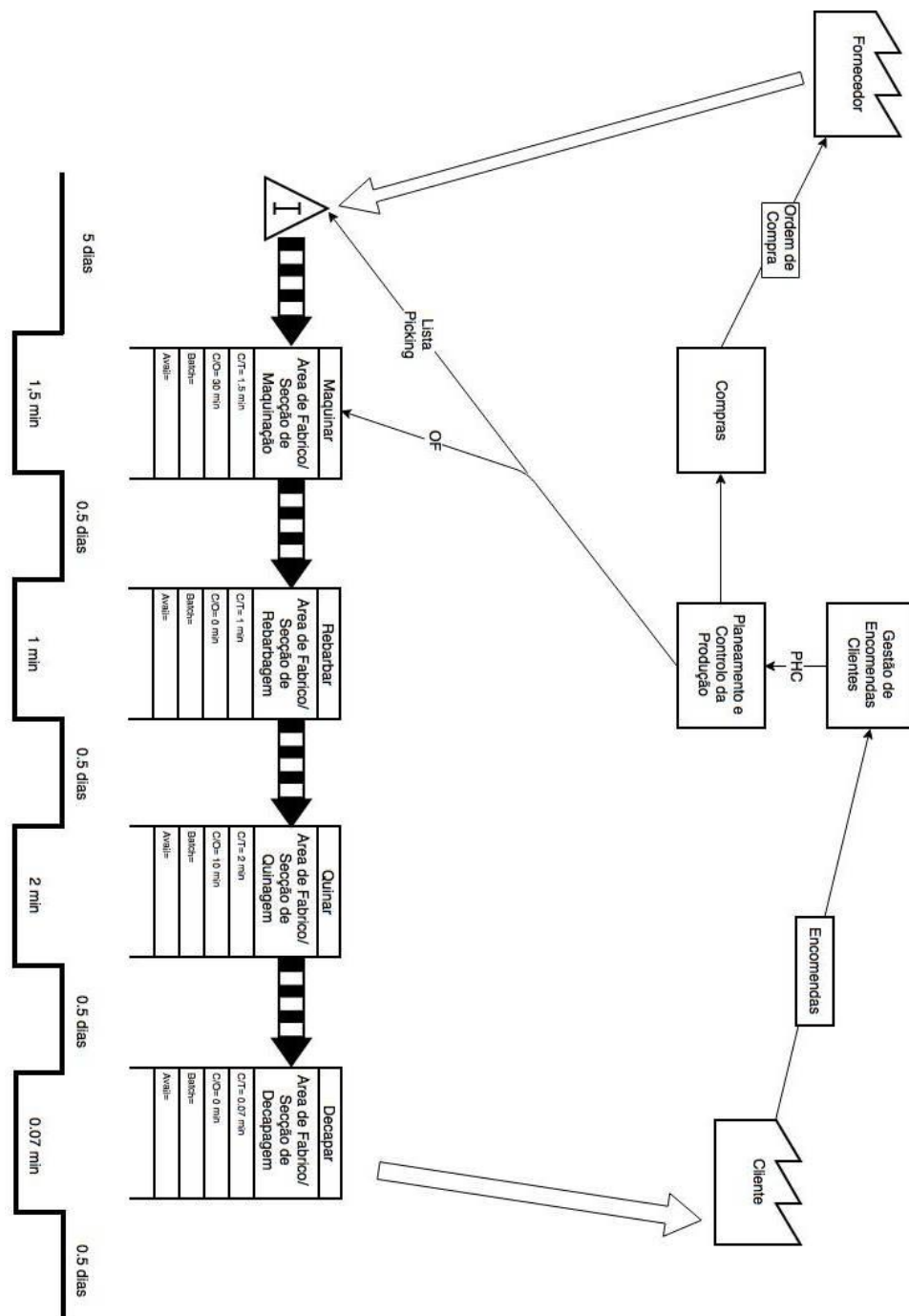
ANEXO A: Simbologia VSM

	- Fonte Externa		- Fluxo de informação eletrônica
	- Caixa de Dados		- Fluxo de informação manual
	- Caixa de Processos		- Sistema puxado
	- Caixa de Processos		- Sistema FIFO (Primeiro que entra, primeiro que sai)
	- Operadores (múltiplos)		- Caixa de informação
	- In-Box (Fila de Informação)		- Fluxo de entrega
	- Inventário e WIP (Work In Progress)		- Caminhão de entrega
	- Linha do tempo segmentada		- Kanban
	- Fim de linha do tempo		- Sistema de carga e descarga
			- Sistema sequenciado pull ball
			- Atividade de Melhoria

ANEXO B: Layout Fabrico da Situação Inicial

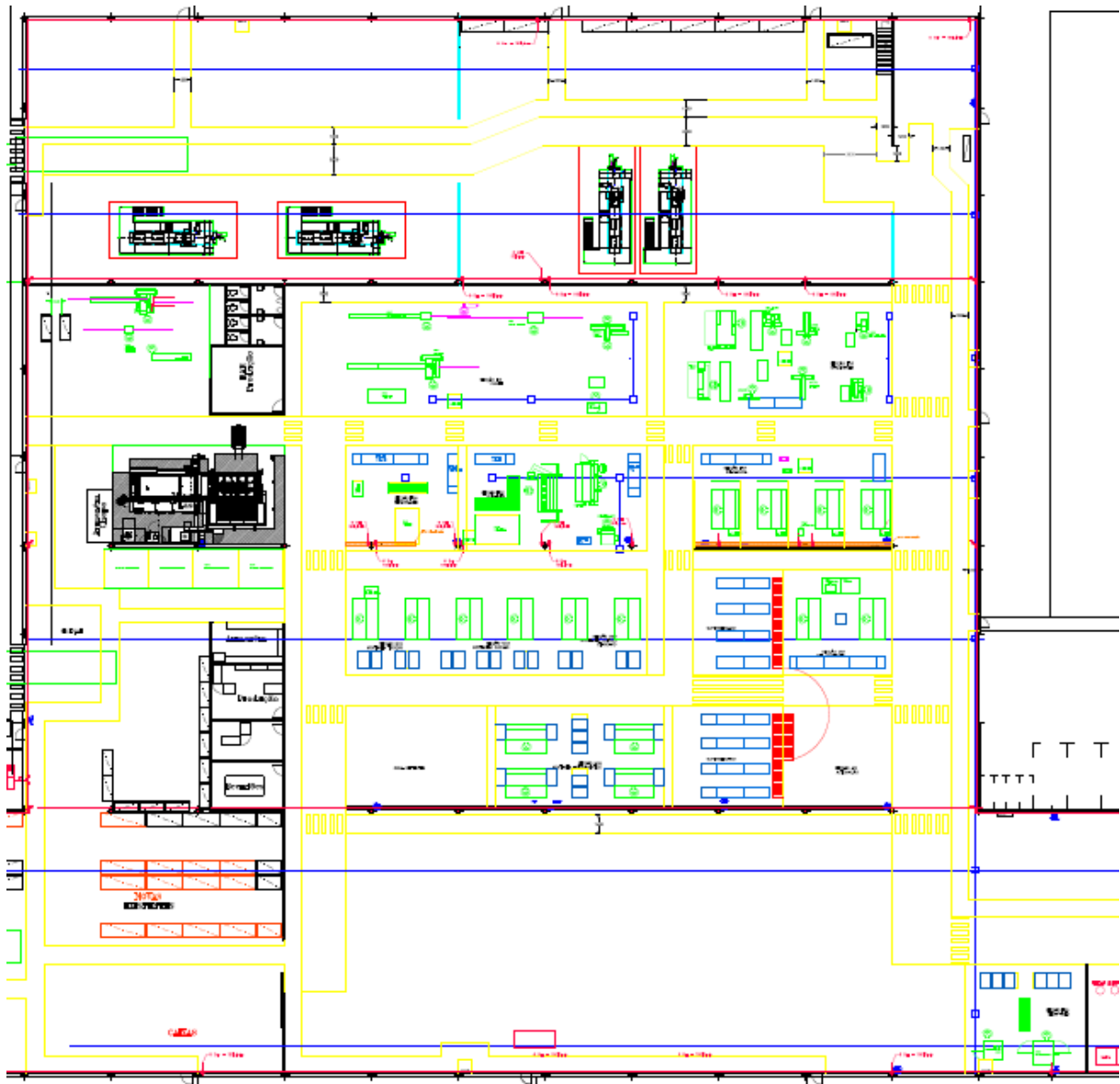


ANEXO C: VSM Família B do Processo de Chapa

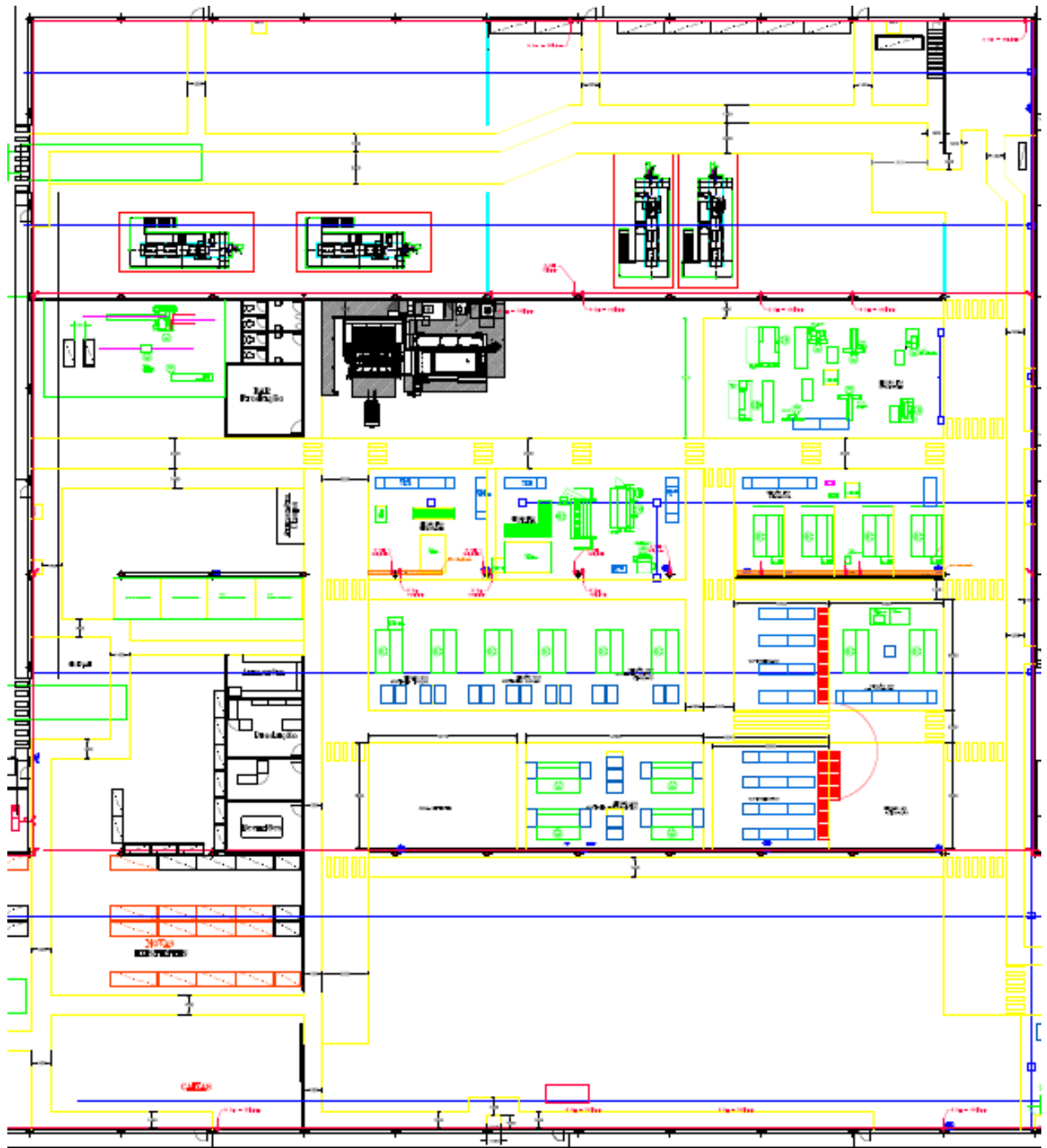


ANEXO D: Propostas Novo Layout

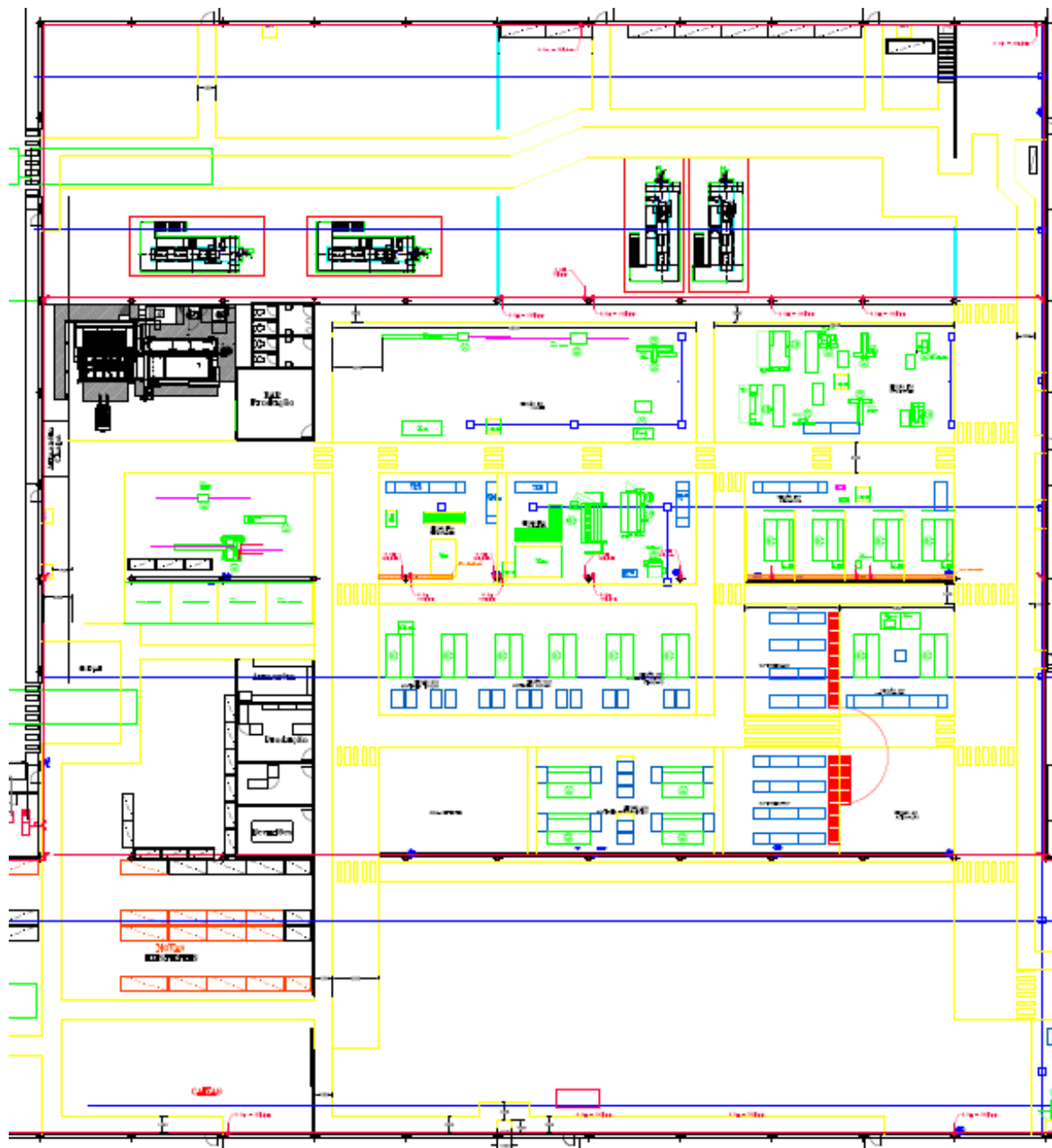
ANEXO D1: Proposta 1



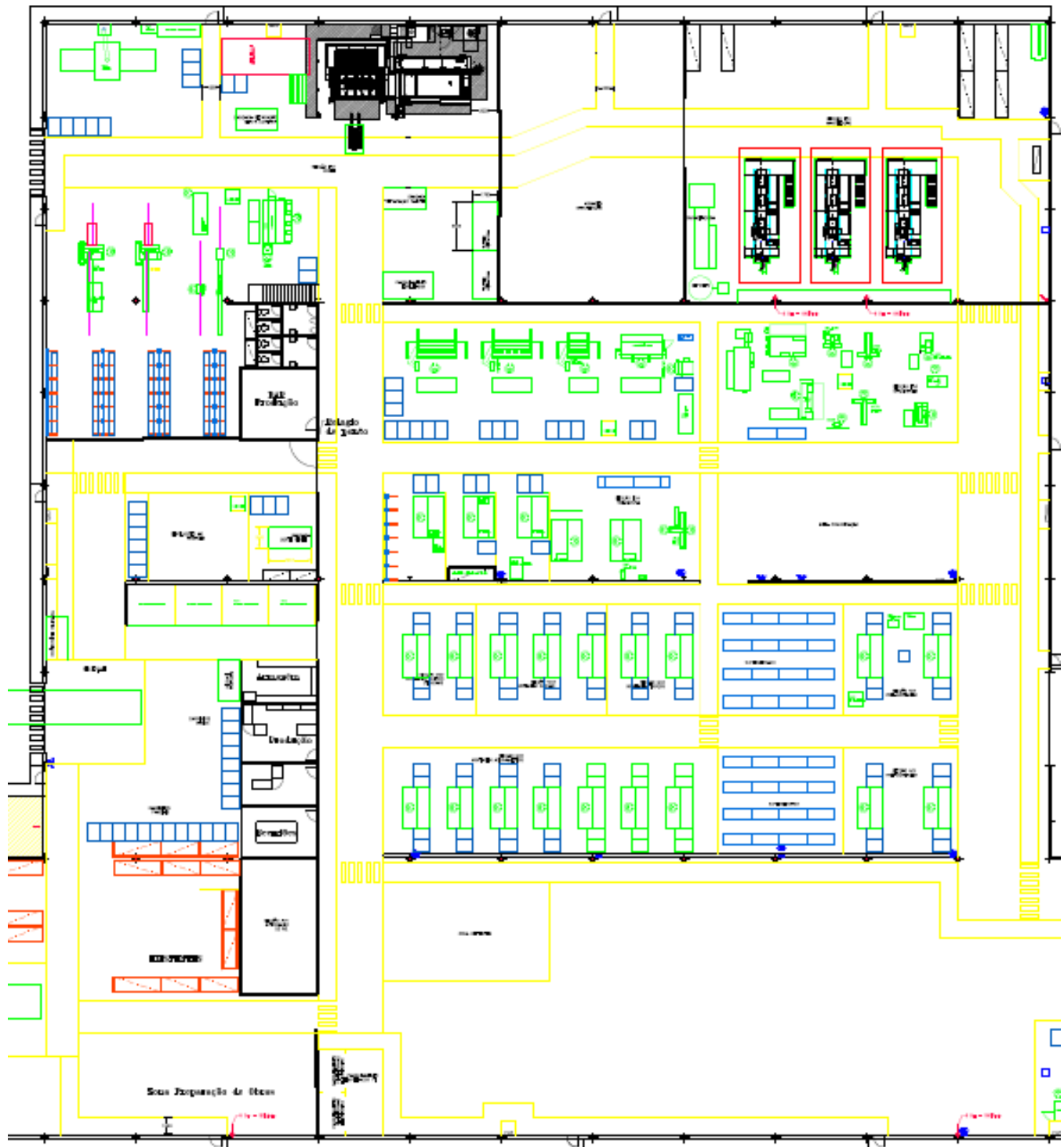
Anexo D2: Proposta 2



ANEXO D3: Proposta 3



ANEXO E: Novo Layout



ANEXO F: Análise de Custos














ANEXO F1: Orçamento

Material	Preço
Chapa	562,31 €
Tubo quadrado	146,40 €
Varão/Tubo	7,85 €
motor/prog	1.700,00 €
Pneumática	1.210,13 €
chumaceiras/pés	100,00 €
Fotocélulas	82,00 €
Chumaceiras igus	17,76 €
Total	3.826,45 €



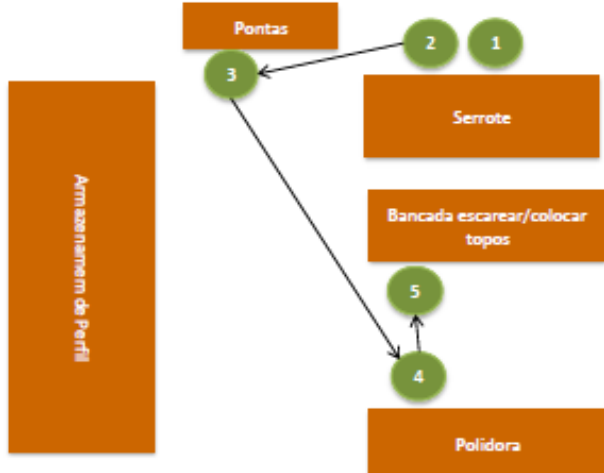
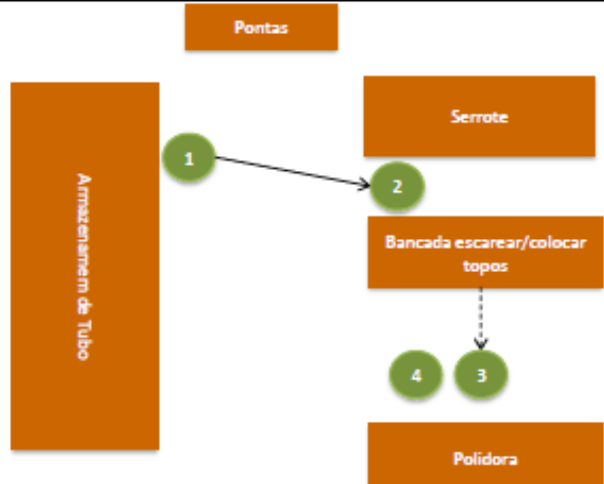
ANEXO F2: Análise de Custo de Mão-de-obra

Cenário Atual					
Perfil JPM023			Perfil JPM024		
Tarefa	Quantidade	Tempo	Tarefa	Quantidade	Tempo
Cortar	13496	0,85	Cortar	2060	0,85
Furar	13496	2	Furar	2060	2
Estampar	3744	2	Estampar	515	2
Total (meses)		4,4	Total (meses)		0,7
Preço MOD (€/hora)		10,2	Preço MOD (€/hora)		10,2
Preço MOD		7911,3	Preço MOD		1173,2
Cenário Máquina Automática					
Perfil JPM023			Perfil JPM023		
Tarefa	Quantidade	Tempo	Tarefa	Quantidade	Tempo
Furar, Cortar e Estampar	13496	0,5	Furar, Cortar e Estampar	2060	0,5
Total (meses)		0,6	Total (meses)		0,1
Preço MOD (€/hora)		10,2	Preço MOD (€/hora)		10,2
Preço MOD		1147,16	Preço MOD		175,10
Poupança em Mão de Obra Com Implementação da Máquina:				7.762,24 €	

ANEXO G: Instrução de Trabalho Célula de Perfil

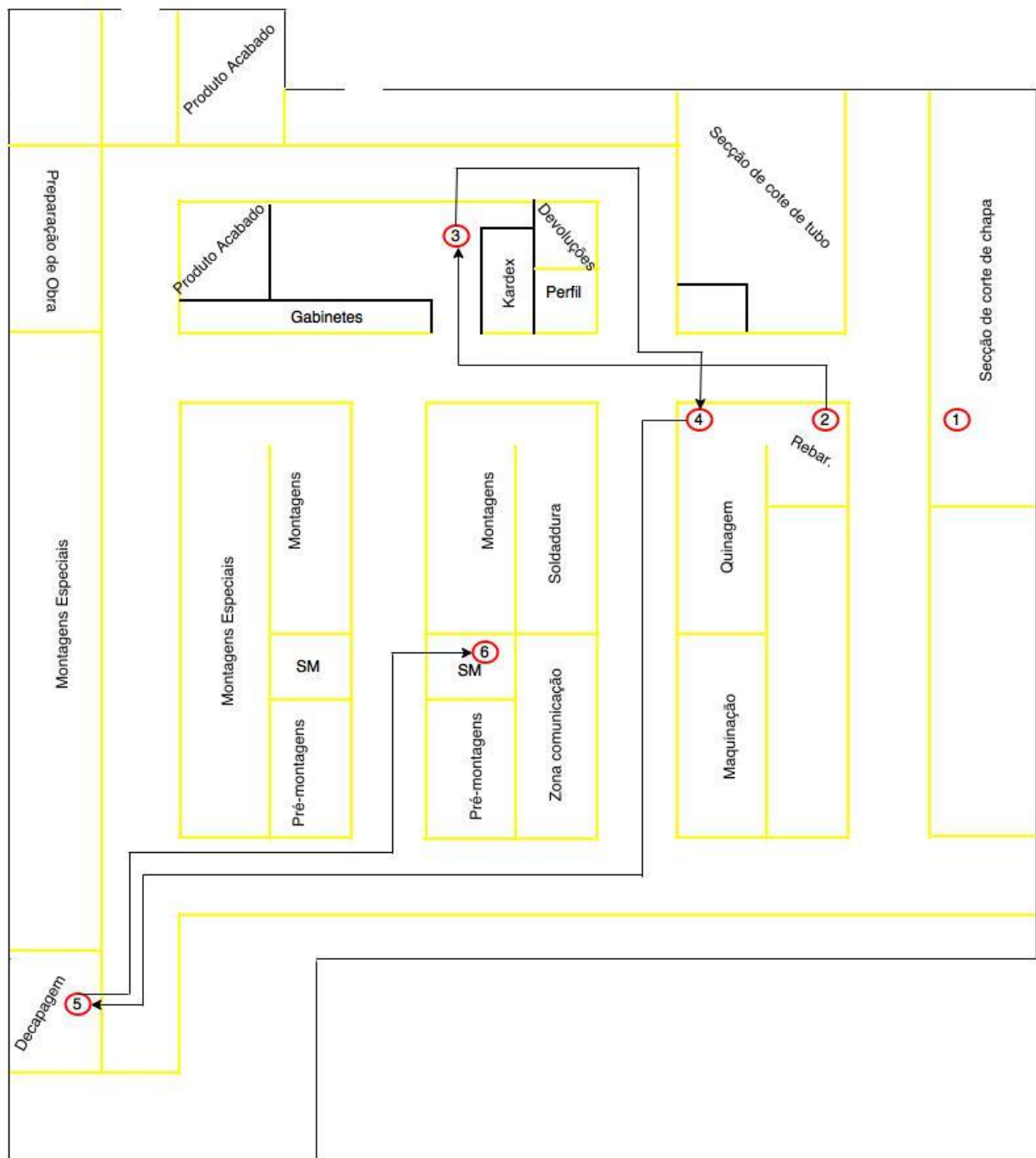
<div>   </div> Instrução de Trabalho - Corte de Perfil					
Posto	Secção de Corte de Perfil	Descrição	Operação de cortar o perfil	Nº de Operadores	1
Operador	Operador de Corte	Responsável:	Jorge Gomes	Nº de Operações	1
#	Tarefa	Foto	Layout do Processo		
1	Retirar do quadro de sequenciamento a primeira OF agendadas				
2	Verificar que pontas estão disponíveis para o corte pretendido				
3	Retirar material do local identificado, na quantidade indicada na OF. No caso do perfil 023, retirar do kanban (posição 1 ou 2) que já esteja a ser utilizado				
4	Adequar matriz de corte ao tipo de perfil que se vai cortar e ao comprimento pretendido				
5	Realizar o corte do perfil				
6	Embalar perfil				
7	Guardar pontas				
8	Colocar OF na divisão PRONTO do quadro de sequenciamento				
9	Guardar material que sobrou				
10	Colocar o perfil cortado no local saída de material				

ANEXO H: Instrução de Trabalho Célula de Tubo

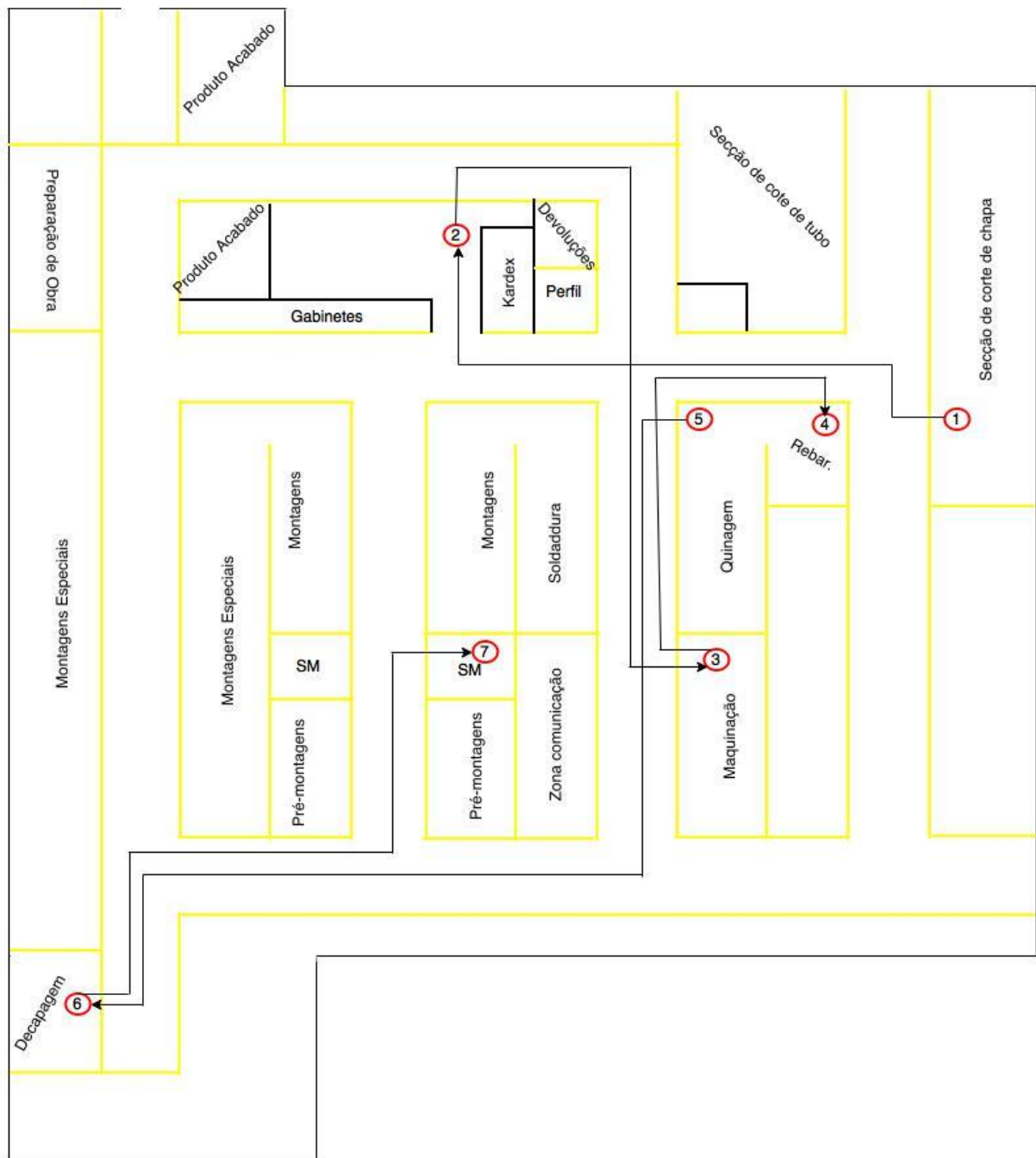
 		Instrução de Trabalho - Célula de Tubo			
Posto	Célula de Tubo	Descrição	Célula de Tubo	Nº de Operadores	2
Operador	2 Operadores da secção de Corte	Responsável:	Jorge Gomes	Nº de Operações	1
#	Tarefa	Tempo (min)	Layout do Processo		
Modo Operatório Operador 1					
1	Programar o serrote, para cortar o material que está indicado na OF	5			
2	Cortar tubo	83			
3	Colocar Pontas no local identificado	3			
4	Começar a polir o material que já se encontra escareado	100			
5	Embalar o material que já está pronto	10			
Modo Operatório Operador 2					
1	Fazer o picking do material necessário para a OF, e abastecer o serrote	10			
2	Escarear o material que já está cortado	100			
3	Arrastar bancada para junto da polidora	1			
4	Colocar Topos no material que já está poido	100			
Tempo Total :		211 min			

ANEXO I: Fluxo de Material Provisória da Processo de Chapa

ANEXO I1: Fluxo de Material da Família A

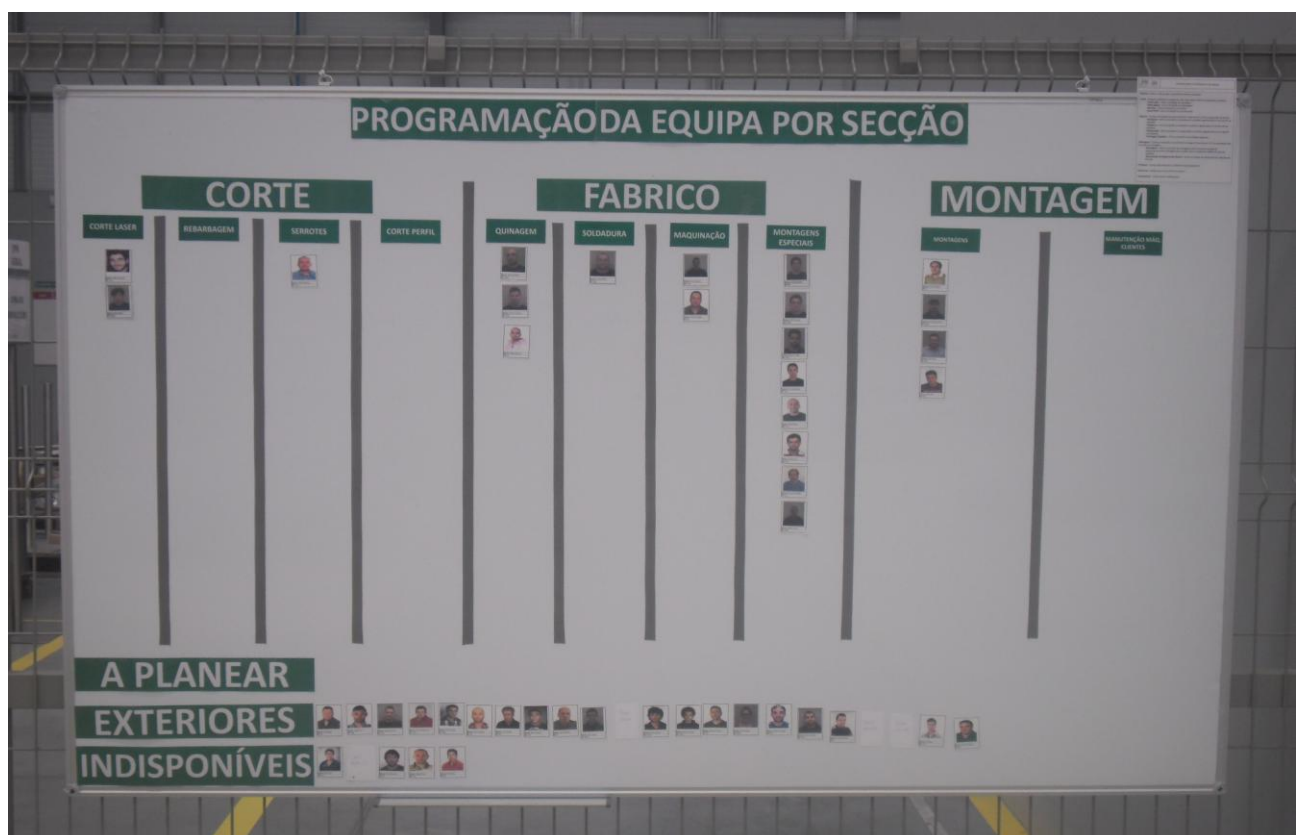


ANEXO I2: Fluxo Material da Família B



ANEXO J: Quadros de Gestão Visual

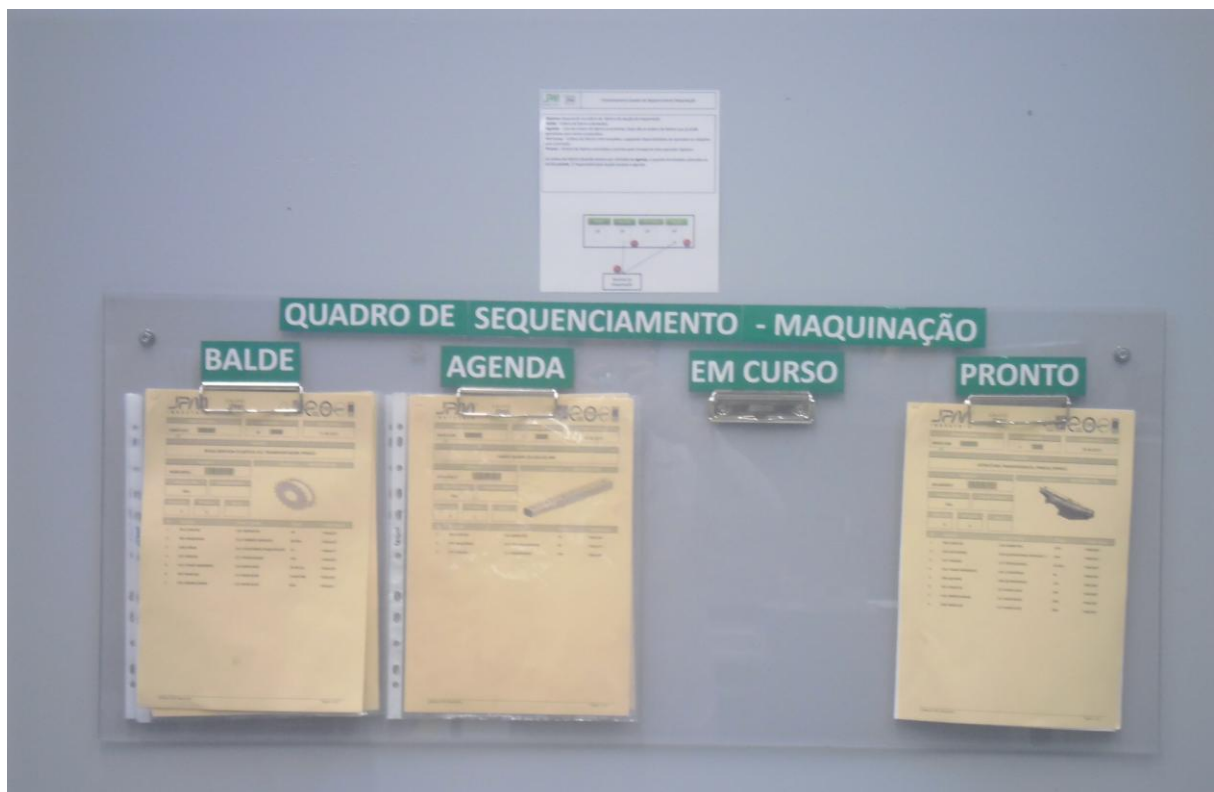
ANEXO J1: Quadro de Planeamento de Equipas



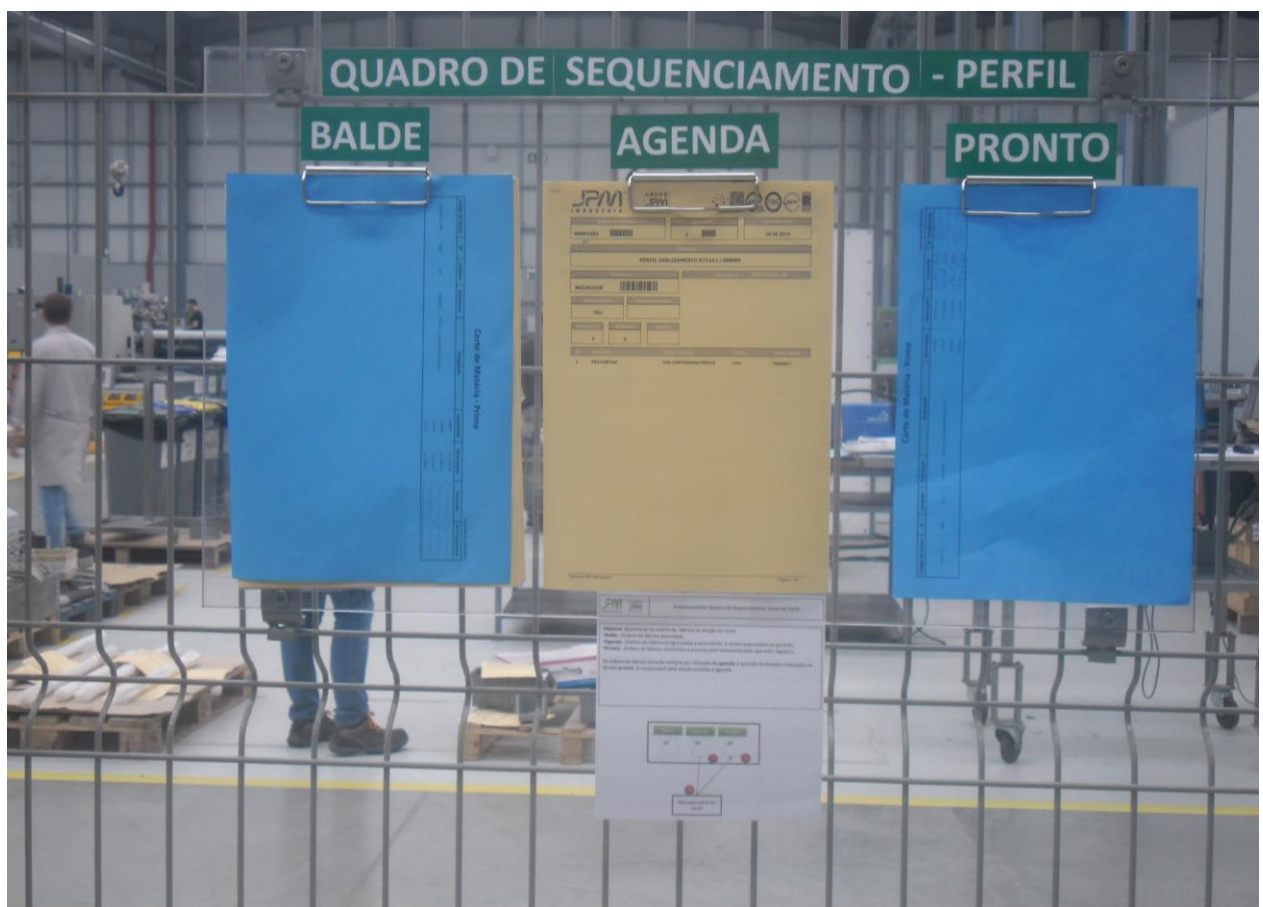
ANEXO J2: Quadro de Sequenciamento das Montagens

QUADRO DE SEQUENCIAMENTO MONTAGENS									
PRÉ-MONTAGENS		MONTAGENS		AUTOMAÇÃO		MANUTENÇÃO MÁQ. CLIENTES			
OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	OP
1613	1626	1663	1658	1618	1658				
23	33	23	22	23	23				
1620	1677		168	1619					
23	33		22	23					
1612			1617	1617					
23			22	23					
1611			1613		1616				
23			22		23				

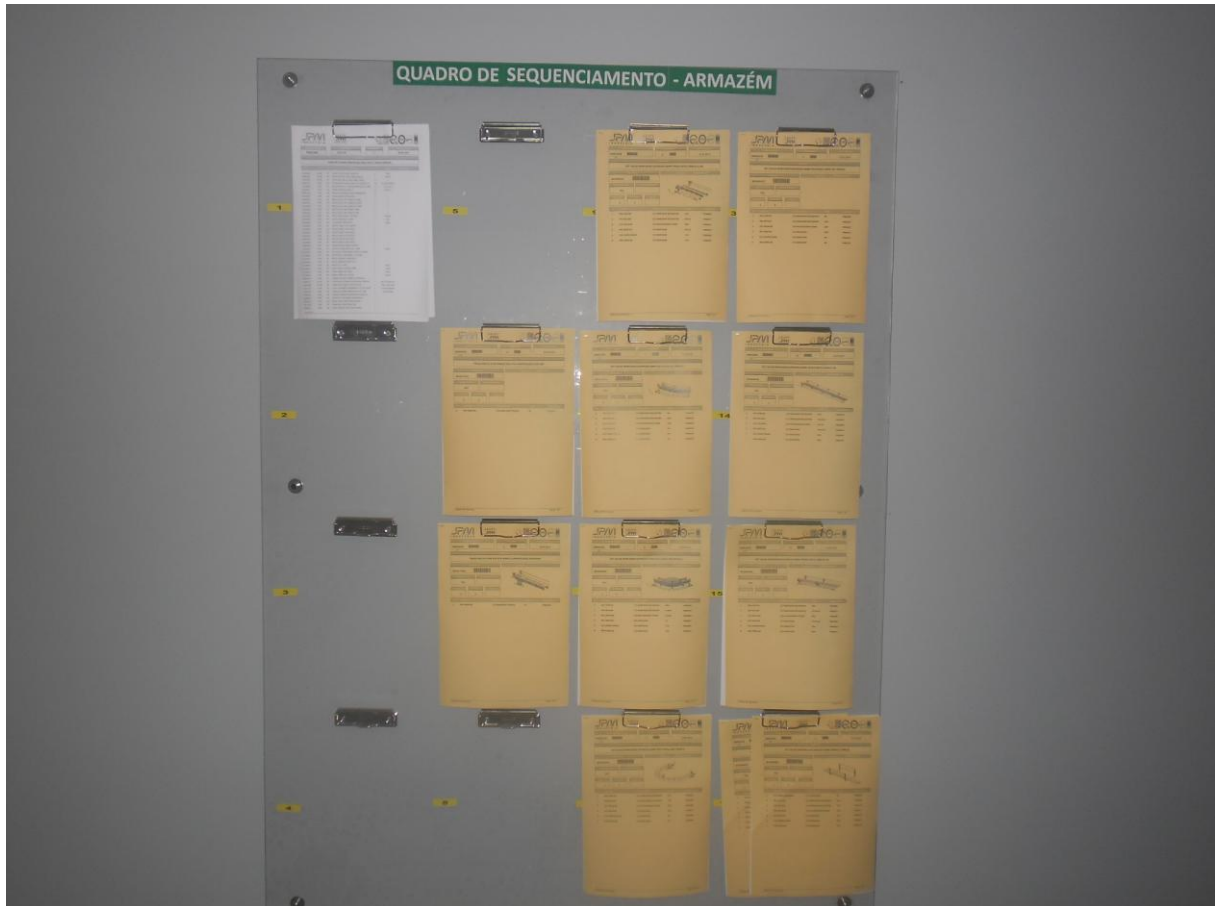
ANEXO J3: Quadro de Sequenciamento da Maquinação



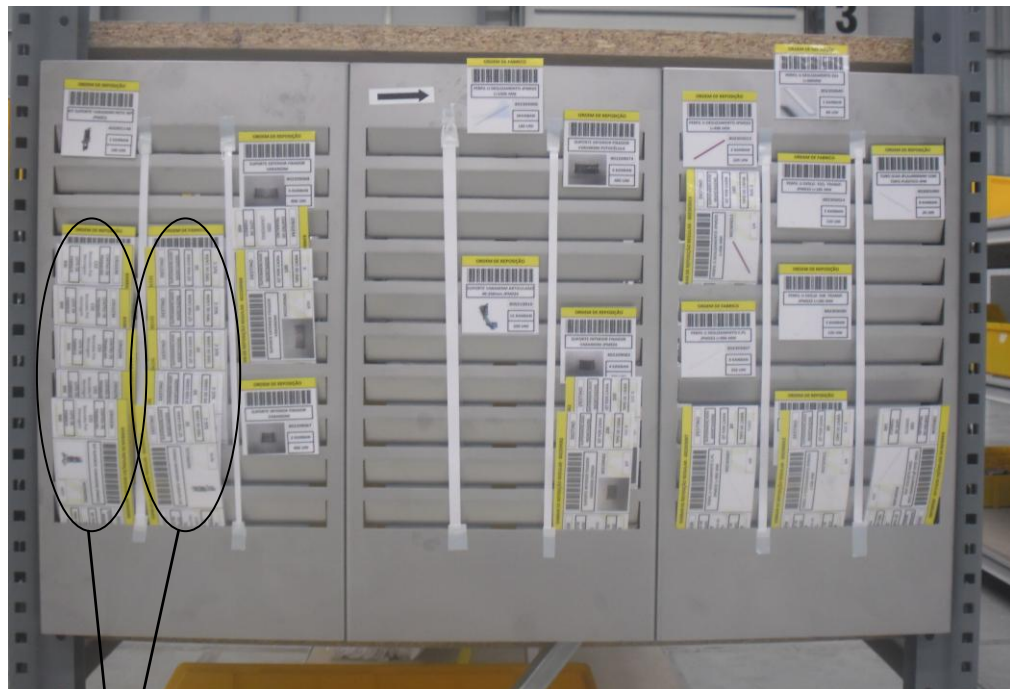
ANEXO J4: Quadro de Sequenciamento Célula de Perfil, Célula de Tubo e Soldadura



ANEXO J5: Quadro de Sequenciamento Armazém



ANEXO K: Quadro de Construção de Lote e Cartão Kanban



Lançar Ordem de
Fabrico

KANBAN DE REPOSIÇÃO REGULAR - 402902092		
ORIGEM		DESTINO
CENTRO DE TRABALHO	KIT SUPORTE VARANDIM JPM023	SUPERMERCADO MONTAGENS
C22 Bancadas Pré-Montagem	 402902092	QT POR CAIXA
LOTE DE FABRICO	7/17	50
300		TIPO DE CAIXA
		SUC C